
Universidad de Pinar del Río
“Hermanos Saíz Montes de Oca”
Facultad de Informática y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones



Tesis presentada en opción al título académico de master
en sistemas de telecomunicaciones.



Título: Diseño de un metro contador de energía monofásico con microcontrolador PIC.

Autores: Ing. Pedro Pérez Roig.

Tutores: MCs. Rolando Rodríguez Enríques.

2011. “Año 53 de la Revolución”.

*"Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una
oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del
saber"*

Albert Einstein

"No existe nada, ni nadie que pueda poner barreras al talento"

Isaac Newton

"Ser culto es el único modo de ser libre"

José Martí

*"Revolución es... modestia, desinterés, altruismo, solidaridad y
heroísmo; es luchar con audacia, inteligencia y realismo; es no mentir
jamás, ni violar principios éticos; es convicción profunda de que no
existe fuerza en el mundo capaz de aplastar a la fuerza de las
ideas...."*

Fidel Castro Ruz

Agradecimientos

A mis compañeros y amigos que me alentaron y estimularon con sus palabras y acciones, a seguir adelante a pesar de las muchas dificultades que la vida nos impone y siempre luchar por alcanzar el triunfo y lograr unificar ideas, elaborar criterios y perfeccionar el conocimiento.

A mis familiares que se esmeran en ayudarnos y nos enseñan que todos los días hay que esforzarse para cumplir con las metas que uno se traza en la vida.

A mi tutor Rolando Rodríguez que me aconsejó y orientó, de forma capaz, así como a todos los profesores que impartieron los distintos módulos que conformaron esta maestría.

Dedicatoria.

A mi hijo y a mi familia, que siempre han estado junto a mí, con plena confianza en mí, y además porque cada éxito obtenido lo sienten como suyos, sin su apoyo no hubiera sido posible llevar a feliz término este reto técnico.

A la Revolución Cubana, por conquistar la libertad y la dignidad plena de todos los cubanos, por darnos la oportunidad de estudiar y formarnos integralmente, en una cultura de elevados valores humanos y éticos.

A mis compañeros de trabajo, en especial a:

José Carlos Valdés, Luis Enrique Martínez y Juan Carlos Guzmán cuya colaboración fue decisiva para lograr de manera práctica la conclusión de este proyecto.

Índice

Introducción	1
1. Diseño del metro contador de energía monofásico	11
1.1 Requerimientos técnicos para el diseño del metro contador de energía.....	11
1.2 Funcionamiento en bloque del metro contador.....	12
1.3 Diseño de las soluciones de hardware del metro contador	15
1.3.1. Fuente de alimentación del metro contador.....	19
1.3.2. Almacenamiento de datos en la memoria EEprom.....	20
1.3.3. Datos técnicos del display LCD usado en la aplicación.....	23
1.3.4. Aplicación de la comunicación óptica.....	24
1.3.5. Acondicionamiento de las señales de lecturas del A/D	28
1.4 Diseño de las soluciones de software en el microcontrolador PIC del metro contador	32
1.4.1. Subrutina de lecturas de los datos	33
1.4.2. Subrutina de atención al display	35
1.4.3. Subrutina de almacenamiento de los datos en memoria	36
1.4.4. Subrutina de comunicación serie	37
1.4.5. Subrutina de relación impulsos/KWh	41
1.5 Programa ReaDER para el monitoreo del metro contador.....	42
1.5.1. Descripción del programa ReaDER. Funcionamiento	43
1.5.2. Subrutina de comunicación del programa ReaDER	47
1.6 Conclusiones del capítulo.....	50

2. Construcción y Evaluación del metro contador de energía 51

2.1	Diseño del circuitos impresos del metro contador y la interfaz	51
2.2	Descripción de las Conexiones y datos al usuario.....	54
2.3	Descripción del equipamiento para la evaluación.....	56
2.4	Resultados de verificación y validación según normas cubanas e internacionales de este tipo de producto.....	58
2.5	Conclusiones del capítulo.....	64

3. Valoración Técnico – Económica del metro contador de energía 65

3.1	Consideraciones tecnológicas para la aplicación practica.....	65
3.2	Planificación de las Tareas de Investigación.....	65
3.3	Gastos de investigación.....	66
3.4	Gastos por fabricación de prototipo.....	68
3.5	Conclusiones del capítulo.....	70

Conclusiones 71

Recomendaciones 72

Bibliografía 73

Referencias bibliográficas 74

Resumen

En el presente trabajo de diploma se diseña y se construye a escala de prototipo un metro contador de energía monofásico, ya que la empresa en la que trabaja el investigador, esta llamada a ser por nuestro ministerio, la destinada a la fabricación de productos para la reducción de gastos energéticos y la fiscalización de los mismos, este producto se destina para el uso en la Unión Eléctrica Nacional (UNE), se realiza con el objetivo de sustituir importaciones y tener la propiedad de esta tecnología.

Para su realización se usa la tecnología de los circuitos integrados programables (PIC), además está compuesto por un display LCD, memoria E2prom para el almacenamiento de datos y posee una comunicación óptica con el equipo que se utilice para introducirle o leer información del metro.

Con la aplicación de este metro aumentamos la automatización de la información, también se aumenta la cantidad de parámetros a medir con respecto a los aplicados en el país actualmente. También se puede realizar estadísticas por zonas mejorando la relación entre los clientes y el proveedor del servicio.

Summary

This dissertation was designed and built prototype at one meter single phase energy meter, as the company that employs the investigator is called to be by our ministry for the manufacture of products for the reduction of energy expenditure and control of the same, this product is intended for use in the National Electrical Union (UNE), is performed with the aim of replacing imports and take ownership of this technology.

To realize this technology is used programmable integrated circuit (PIC) also comprises a LCD display, memory E2PROM for storing data and has an communication protocol with the equipment used to enter or read information from metro.

With the application of this meter increase the automation of information also increases the number of parameters to be measured with respect to those applied in the country today. You can also collect statistics for areas to improve the relationship between customer and service provider.

Introducción

Componentes Electrónicos lleva varios años en la producción de equipos que se relacionan con la electrónica de potencia, para la protección de equipamientos instalados a la red eléctrica nacional, dentro de los objetivos trazados por la empresa está la sustitución de importaciones de equipamientos con el fin antes mencionados y desarrollar nuevos equipos para el ahorro energético.

El campo de las investigaciones en las ramas de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, experimentan impetuosos avances en las últimas décadas ejemplo de ello son los logros alcanzados en las comunicaciones ópticas, el desarrollo de la microelectrónica y de los sistemas automatizados para el control de parámetros, entre otros resultados que se han aplicado de inmediato y de forma sostenible. Las tecnologías de punta se han expandido y se manifiestan con un crecimiento muy acelerado; prácticamente los productos y tecnologías que existen en el mercado están en constante renovación y es objeto ya de investigaciones para obtener mejoras de calidad que los sustituyan por otros más competitivos y ventajosos, por lo que la mayoría de los actuales productos y tecnologías tienen un tiempo de vida de alrededor de 3 años, que se muestra en la evolución de las PC y sus periféricos. Estas reflexiones nos llevan a la idea de que los estudios en este campo están muy priorizadas en los países desarrollados y en vías de desarrollo, por lo que se dedican a esta actividad talentosos recursos humanos, grandes capitales financieros, medios logísticos para el soporte tecnológico y programas de capacitación de elevada profesionalidad, todo este conjunto de esfuerzos, tiene el objetivo de alcanzar resultados científicos técnicos aplicables, con el propósito de lograr la introducción oportuna y sostenible de las innovaciones tecnológicas que permiten el perfeccionamiento de la eficiencia y la eficacia de la industria y los servicios, en aras de obtener productos con una excelente calidad competitiva y con características técnicas distintivas, que permitan mantener su presencia en el mercado internacional en un privilegiado lugar o en el liderazgo de estas tecnologías a nivel global.

En nuestro país, recientemente el (MIC) convoca a los centros de investigación, centros

de estudios, universidades, empresas y otras entidades afines, a la presentación de Proyectos de investigación de desarrollo e innovación tecnológica en los Programas ramales de ciencia y técnica, en los campos de la electrónica, la automática, las comunicaciones, entre otras ramas. Estos proyectos de investigación obedecen a objetivos priorizados del país y cumplen con la política científica y tecnológica del sector, con el objetivo de alcanzar la soberanía tecnológica en las áreas estratégicas del país, que fomentan el desarrollo nacional, el aporte científico, la apropiación de conocimientos, el saber hacer, con el consiguiente impacto político, económico, social y/o medioambiental.

El metro que se diseña posee un micro controlador de la familia PIC del fabricante MICROCHIP el cual visualiza en display el consumo como parámetro fundamental, además de varias medidas como son voltaje, corriente, potencia en VA, potencia en Watt y factor de potencia, posee una comunicación óptica para automatizar el servicio de cobro por parte del proveedor, además de poder tener estadísticas máximas y mínimas de cualquiera de los parámetros antes mencionados, también pueden llevarse estadísticas de otros parámetros y de esta forma el proveedor del servicio tendrá un mayor control de sus usuarios en caso de que los mismos quieran burlar el pago del servicio.

El texto del trabajo que se presenta se conforma por tres capítulos: El primero se dedica al diseño de las soluciones circuitales (hardware) y de programación (software) de todas las partes que integran el producto que desarrollamos. El segundo capítulo contiene los aspectos concernientes a la construcción y evaluación del prototipo, y el tercero a la valoración técnico económica de las soluciones desarrolladas. El trabajo consta además de: introducción, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

Antecedentes y Estado Actual de la Temática.

Se tienen como antecedentes cognoscitivos sobre el tema de investigación, la dirección y ejecución de otros proyectos en el área de innovación tecnológica de la empresa de componentes electrónicos a nivel territorial, ramal y nacional, donde ha participado el maestrante en calidad de autor o coautor de los resultados obtenidos, algunos de estos logros se enumeran a continuación:

- a. El desarrollo de un regulador de carga solar con el uso de un microcontrolador PIC, el cual constituye un producto desarrollado por nuestra empresa y producido en colaboración con la Empresa Ampelos sa de Corea.
- b. Desarrollo y fabricación de un producto para el Inder para la medición de fuerza en los atletas desarrollado con PIC 16F73B, y automatizado con comunicación RS232 con la PC.
- c. Diseño, fabricación e introducción en la producción masiva de UPS con microcontroladores de la familia Samsun, en colaboración con la firma Hossoni de la República Popular China.
- d. Diseño y fabricación de los Prototipos de semáforos con la familia de microcontroladores PIC de la Micro chip, y automatizado con comunicación RS232 con un programa residente en la PC, además de almacenamiento de datos en memorias eeprom.
- e. Diseño y fabricación de los Prototipos de cerradura electrónica con tarjetas perforadas usando la tecnología de microcontroladores PIC de la Micro chip, y automatizado con comunicación RS232.
- f. Los conocimientos y habilidades adquiridas en el trabajo con las herramientas de diseño con los microcontroladores PIC de la firma Microchip, que permiten simular, compilar, depurar errores y programar las familias de microcontroladores: PIC16Fxxx, PIC16Fxxx y PIC18Fxxx.
 - El Software compilador CCSC (PCW) con lenguaje C para ensamblar código de los microcontroladores PIC.
 - El software especializado MPLAB 7.0 para la simulación, puesta a punto y programación con los circuitos integrados PIC.
 - El software de simulación de aplicaciones con microcontroladores PIC y otros circuitos integrados, denominado Proteus ISIS 7.0.
 - El software especializado ORCAD 9.0 para el diseño de circuitos impresos y la simulación de los circuitos analógicos y digitales.
 - El software MatLab para el cálculo estadístico de las mediciones.
 - Instalación de los softwares especializados para desarrollar aplicaciones con los microcontroladores PIC Serie 18Fxxx y 16Fxxx.

El estado actual de la tecnología de obtención del metro contador de energía eléctrica cuenta con diferentes vías de obtener éstos, entre éstas tenemos:

- a. Los primeros metros contadores eran electromagnético de discos, los cuales han desaparecido del mercado internacional por ser tan vulnerables a su distorsión de la lectura por parte de los clientes además de tener muy baja sensibilidad en sus mediciones, en Cuba hay una gran diversidad de fabricantes y se pretenden sustituir totalmente.
- b. Actualmente el país adquiere de la República Popular China los metro contadores digitales pero con visualización electromecánica, a un bajo costo pero con un nivel de prestaciones medio, en el desarrollo de estos productos.
- c. El diseño de los metro contadores digitales con microcontrolador pero con visualización en display LCD, que actualmente se usan en gran parte del mundo con un alto costo del sistema que forman parte, ya que difieren de las formas de pago de la energía dígame pre pagadas o no, también de los parámetros eléctricos de la red como son voltaje, frecuencia y otros, de los idiomas de los software que los acompaña en el instrumental para la lecturas, que nos permite independencia tecnológica.

Otras mejoras actuales que se introducen en la obtención de los metros contadores son:

- a. El aumento de la capacidad de la ROM de programa y de la memoria eeprom.
- b. El aumento de la calidad de las variables a medir.
- c. El aumento de la diversidad de datos a suministrar al distribuidor del servicio eléctrico.
- d. Reducción del consumo de energía.

Fundamentación del proyecto

Se basa en la necesidad de dar respuesta a varios proyectos de sustitución de importaciones en la temática de ahorro y control de energía presentados a nuestra empresa por el Grupo de la electrónica, institución nacional a la que pertenecemos, por lo que constituye un Proyecto de Desarrollo inscrito en el marco del Programa Ramal de Ciencia y Técnica del MIC, con el propósito de obtener y evaluar el prototipo y facilitar que se introduzca de manera sostenible en la práctica social y en las condiciones de

nuestro país. Este proyecto se justifica por su impacto técnico, al mantener y mejorar los servicios de suministro de la energía eléctrica. Además por los muy positivos impactos económicos y sociales, que se esperan contribuyan a alcanzar la soberanía tecnológica en la rama.

El Problema.

¿Cómo contribuir a obtener y evaluar soluciones técnicas para el diseño de un metro contador monofásico de energía, cumpliendo las especificaciones de calidad que solicitan las entidades rectoras con un excelente nivel competitivo.

Objeto de la investigación:

El diseño de un metro contador con prestaciones superiores a las existentes en el país.

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar, construir y evaluar el prototipo de un metro contador de energía eléctrica con sistema automatizado de adquisición y procesamiento de los datos, para que satisfaga los requerimientos técnicos solicitados, con soluciones técnicas propias, eficientes, factibles de generalizar a escala industrial y que aseguren la soberanía tecnológica en esta rama.

Específicos:

1. Asimilar y aplicar las modernas herramientas de diseño para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores de la familia PIC.
2. Diseñar y construir las tarjetas electrónicas (hardware) y los microprogramas que se almacena en el microcontrolador PIC (software de bajo nivel), para obtener un diseño personalizado.
3. Desarrollar y construir los circuitos de acondicionamiento de la señal para la lectura de forma eficiente de los parámetros de voltaje y corriente.

4. Desarrollar un procedimiento de comunicación entre el metro contador y el equipo de lectura de los datos de forma óptica, usando una comunicación de modo físico infrarrojo.
5. Desarrollar y ejecutar un programa residente en el lector, elaborado con el software especializado, con el objetivo de adquirir los datos almacenados en el metro contador.
6. Evaluar económicamente los recursos empleados durante la ejecución de este proyecto de investigación, incluyendo el cálculo del costo de elaboración del prototipo desarrollado.
7. Establecer los requerimientos tecnológicos para integrar y aplicar las soluciones técnicas del hardware y software diseñadas con vistas a su generalización mediante la producción masiva del producto en una serie cero.

Hipótesis

Si se desarrolla, diseña, fabrica y evalúa un metro contador con soluciones técnicas personalizadas para las condiciones de nuestro país, que sean factibles y competitivas, entonces se contribuirá a tener una independencia tecnológica nacional en este producto, a la sustitución de importación de los mismos, además de darle trabajo a las líneas existentes en la empresa de componentes electrónicos.

Campo de acción.

La investigación es el desarrollo personalizado de un metro contador, en el campo de acción de la automática y las comunicaciones ópticas, lo cual incluye: el diseño circuital de las tarjetas electrónicas (hardware), el desarrollo y puesta a punto de los programas de trabajo de los microcontroladores PIC (software), la obtención de protocolos propios para la comunicación con el lector (PDA) empleando como soporte tecnológico del producto y el uso de software de alto nivel para crear programas personalizados residentes en el lector (PDA).

Metodología y herramientas de diseño empleadas en la investigación

A continuación se presenta una tabla donde se relacionan los métodos empleados en la investigación, según las etapas de ésta:

Tabla No.1: **Métodos de investigación utilizados.**

Etapas	Tareas que distinguen la etapa	Método Investigativo
Factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico actual de la tecnología que se investiga y sobre el estado actual del arte. Tendencias futuras. • Factibilidad técnico económica. Elaboración del proyecto. • Establecimiento del problema, la hipótesis, el marco contextual, el marco teórico, los objetivos del proyecto, el cronograma de trabajo, la planificación de los recursos. Elaboración del presupuesto. Análisis de la tarea técnica con el cliente. 	Histórico. Hipotético-deductivo. Observación científica de las mediciones. Recopilación y análisis de la información Enfoque Dialéctico
Diseño Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las soluciones técnicas. • Asimilación de las nuevas tecnologías, componentes y herramientas de diseño. • Obtención y simulación de soluciones de software para los microprogramas PIC. • Desarrollo de rutinas en lenguaje C. 	Histórico. Recopilación, análisis, y síntesis de la información. Enfoque sistémico medición de datos y técnica experimental
Etapas	Tareas que distinguen la etapa	Método Investigativo
Prototipo	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del prototipo. • Diseño de los circuitos impresos. Montaje de componentes, ensamblaje de los equipos y partes. Fabricación del prototipo. • Pruebas y ensayos, ajustes del prototipo. • Verificación y control de calidad. 	Técnica experimental Modelación La abstracción y la integración. Recopilación, análisis, síntesis información. Sistémico
Validación	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la validación del prototipo en pruebas de campo. • Elaborar la documentación técnica. • Evaluar los impactos. 	Medición y técnicas experimentales Sistémico y dialéctico Recopilación, análisis síntesis información.

Herramientas de diseño y metodologías a emplear en el proyecto.

Para el desarrollo de las soluciones del hardware y software del proyecto y la ejecución de las necesarias pruebas y ensayos durante la etapa de diseño preliminar, se procede a realizar el montaje de componentes en una tarjeta de prueba. Además se desarrollan rutinas de programas en código fuente, para el microcontrolador PIC, las cuales se ponen a punto por separado para asegurar el trabajo de los diferentes módulos del sistema y finalmente se integran por etapas hasta alcanzar el código fuente definitivo.

Para la realización del proyecto se emplean las siguientes metodologías y herramientas de diseño [1,2,3,4,5,6,7] para garantizar la calidad de los resultados:

- 1) Software MPLAB 7.5 para la simulación, detección de errores y programación con PIC (Microchip).
- 2) Software compilador CCSC (PCW) con lenguaje C para ensamblar código PIC.
- 3) Software ORCAD 16.0 para el diseño de circuitos impresos.
- 4) Software Borland C++ Builder versión 6 para crear aplicaciones residentes en el lector (PDA).
- 5) Software MatLab para el tratamiento estadístico de las mediciones.

Para el diseño del software de una aplicación se comienza por generar y editar el programa fuente en lenguaje C, para ello se emplea el MPLAB 7.5 y se obtiene un fichero de programa fuente con extensión C. Posteriormente se ensambla y compila el programa, obteniéndose éste en lenguaje de código de las instrucciones del microcontrolador PIC. Cuando el programa fuente está correcto, se genera el fichero con extensión **.hex** que contiene el código ensamblador a programar en el PIC. Este proceso se muestra en la siguiente figura.

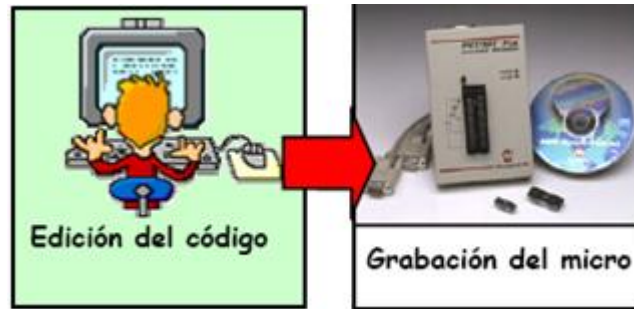


Figura No.1: Etapas de diseño de los programas.

El proceso de puesta a punto finaliza cuando el microprograma satisface los requerimientos de diseño del producto y se procede a grabar el microprograma en el PIC almacenando el contenido del xxx.hex en la memoria EEPROM, para ello se utiliza la herramienta PICSTART PLUS como programador.

Por último se efectúan las pruebas y ensayos finales empleando el hardware diseñado, que contiene el microcontrolador PIC recién grabado y se verifica el correcto funcionamiento del conjunto hardware/software.

Impactos que se esperan en la investigación:

Económicos

Se espera lograr un impacto económico por concepto de ahorro de recursos en moneda convertible por sustitución de importaciones y aumentar la cantera de productos de la empresa, para de esta forma sea estable la producción.

Se logra mejor eficiencia y calidad en el servicio que se automatiza, disminuyendo los errores y las violaciones por parte de los clientes.

Sociales y Tecnológicos.

La introducción y la aplicación de tecnologías de punta en el diseño de metro contadores de energía eléctrica, se espera que constituya un positivo impacto en el desarrollo tecnológico y la generalización de estos.

Aumenta el nivel de trabajo y de esta forma, de personal en la producción de dicho producto.

Debido a que se asimila y aplica una tecnología con un nivel más alto de complejidad técnica, se planifica un mejoramiento de la capacitación del personal que trabaja con estos productos.

Contribuye muy positivamente a la soberanía tecnológica en el campo de las tecnologías de la electrónica y sus resultados se aplican satisfactoriamente para el beneficio social.

1. Diseño del metro contador de energía monofásico

El diseño de este producto comprende el desarrollo de todas las partes que componen el mismo, de forma eficiente, fiable, factible para tratar de que sea producido masivamente y con la calidad requerida según los requerimientos técnicos de la norma nacional [8], este objetivo implica efectuar las tareas siguientes:

- 1) Diseño del hardware del producto, para lo cual es necesario desarrollar el circuito eléctrico.
- 2) La construcción de los circuitos impresos de todas las partes.
- 3) El desarrollo, puesta a punto y evaluación de los programas para el microcontroladores PIC.
- 4) El desarrollo, puesta a punto y evaluación del programa de monitoreo residente en la lector (PDA) para la supervisión del metro contador de energía.

En este capítulo se describen las soluciones técnicas obtenidas en el diseño.

1.1 Requerimientos Técnicos para el diseño del metro contador de energía.

La solicitud presentada para el diseño del metro contador de energía incluye la tarea técnica que es el punto de partida del diseño, que establece un conjunto de requerimientos técnicos a cumplir y acota el alcance de la investigación al nivel de la fabricación del prototipo, la evaluación y la validación de éste mediante pruebas de campo.

El metro contador debe asegurar el correcto funcionamiento de los equipos instalados a él, para lo cual se requiere medir los niveles de la tensión de las líneas eléctricas de alimentación. Además, el sistema realizará mediciones de voltaje, corriente y factor de potencia con el objetivo de calcular la energía consumida por el cliente, de forma

eficiente. Todas estas mediciones las realiza en tiempo real, almacenándolo en una memoria y visualizándolas en un display. Además, el producto es capaz de transferir los datos almacenados a un lector.

La tarea técnica se fundamenta en la norma cubana que es homóloga a la norma española UNE-EN 62053-21, editada en el año 2003, donde se nos exigió que los metros en Cuba deben cumplir con una tensión nominal de trabajo 127V, pero con un rango de un 20 % alrededor de este punto, además se pidió una corriente nominal de 10A, pero con un rango hasta 40A, también que se mida el factor de potencia de la carga conectada al mismo desde 0.5 hasta 1. Todas estas mediciones son para determinar la potencia de la carga conectada y acumular la energía consumida en el tiempo que es el factor principal y terminar con un producto con un error en esta medición inferior al 2%.

Otro parámetro a tener en cuenta son la sensibilidad que se mide en la prueba de arrastre donde el metro contador debe medir corrientes inferiores a los 50 mili amperes como prueba también de la calidad del instrumento, también en la ficha técnica el cliente exige temas de calidad de visualización de la información de las conexiones mecánicas de las borneras y otros parámetros de su interés.

1.2 Funcionamiento en Bloques del metro contador.

En el diseño de esta aplicación se emplean un microcontrolador PIC18F252, que realiza las siguientes funciones:

- Control del indicador LCD, visualizar datos y mensajes del producto.
- Transmisión de los paquetes de datos series usando el medio físico óptico entre el PIC al lector (PDA).
- Controlar la comunicación mediante el bus I2C, con una memoria EEPROM que posee el equipo.
- El microcontrolador PIC lleva constantemente a cabo la lectura de los valores de voltaje y corriente conectados al A/D y a sus líneas de puerto y analiza la información para calcular los demás parámetros de importancia.

- Se sincroniza con la red para una mejor calidad en las mediciones y ayudar a poder hacer la lectura del factor de potencia.
- Indica una relación entre los impulsos y la cantidad de energía en KWh que permite una verificación y validación del producto.

En el siguiente diagrama en bloque se ve el funcionamiento del mismo.

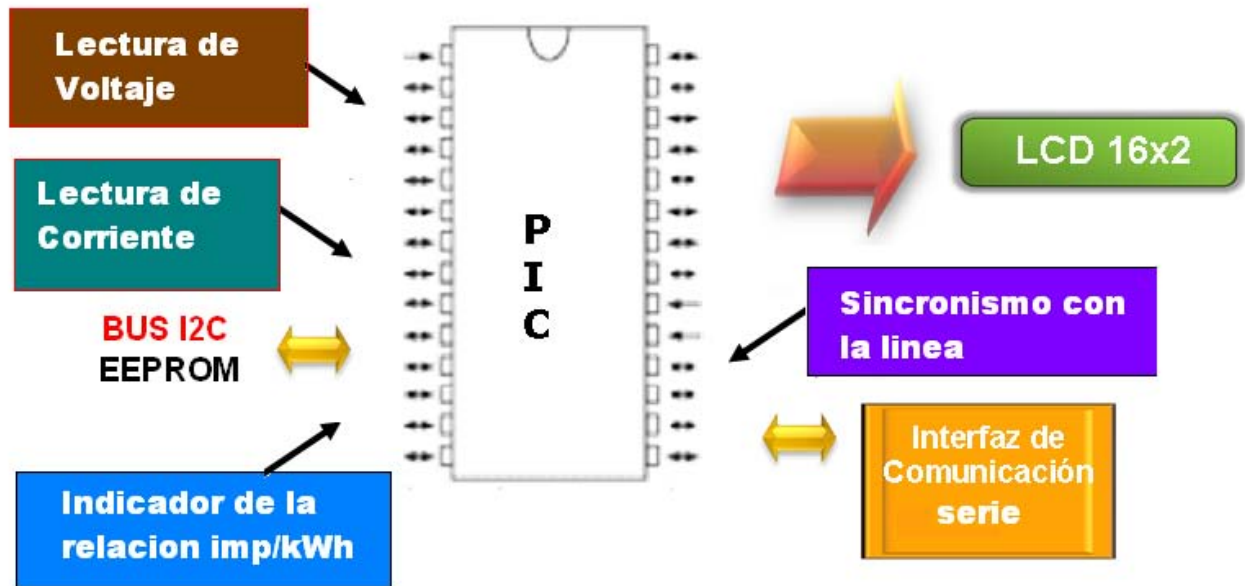


Figura No. 2: Diagrama en bloque del Hardware del metro contador.

El metro contador trabaja del siguiente modo, constantemente lee el voltaje aplicado a él, igual al que posee a su salida y a la vez es el que ve la carga conectada al mismo. Se encuentra muestreando la corriente que circula a través de él que es la suma de todos los equipos conectados a su salida, con estos dos parámetros calcula la potencia aparente en VA, que consumen las cargas conectadas al mismo, mide el defasaje entre la corriente y el voltaje, para calcular el factor de potencia, que se genera por las características físicas ya sean inductivas o capacitivas que poseen las cargas conectadas a él, con el cálculo de este nuevo parámetro y la potencia aparente anteriormente calculada, entonces se calcula la potencia activa en w instantánea conectada en ese momento [9] . Para la repetición de todos estos cálculos se auxilia de un pin de sincronismo con el cruce por cero de la red.

Estos valores de potencia activa, se almacenan en el tiempo a partir de una fórmula, que genera la cantidad de impulsos por KWh, la relación en esta fórmula la determina el diseñador de cada metro pero tiene que cumplir con ella, ya que es el patrón que se usa para la validación del metro contador.

Se cuenta cada vez que se generen esa cantidad de pulso se incrementa la unidad de medida en KWh en el LCD del metro, este parámetro es el más importante ya que determina en dependencia de la tarifa, cuanto tiene que pagar el cliente del servicio. Estos pulsos el metro lo visualiza con un led y también en una conexión para las mediciones en su calibración final, con un patrón validado nacionalmente que mide la cantidad de potencia conectada y la cantidad de pulso que genera el metro para conocer el error que tiene en la medición de energía del mismo.

Cada vez que varía las mediciones el metro actualiza la memoria EEprom, conectada al Bus I2C que el posee, se pueden almacenar los datos instantáneo de interés al proveedor del servicio como pueden ser; voltaje máximo, voltaje mínimo, corriente máxima, corriente mínima, si se conectan cargas con factores de potencia críticas, lecturas de meses anteriores ante una posible reclamación, cuantas veces se desconectaron todas las cargas, si se trata de cometer alguna violación, los datos del cliente del metro contador y otras, pero de todas la más importante es el consumo que se actualiza cada vez que varía, para en caso de falla de flujo eléctrico, cuando se restablece el fluido eléctrico retorne con los mismos valores que posee antes de la falla de fluido.

El microcontrolador posee un puerto de atención a un display LCD de 2 líneas de datos de 16 caracteres cada una, donde se visualizan 6 parámetros, en 3 pantallas que varían cada 8 segundos. En la línea superior de todas las pantallas se visualiza el consumo almacenado por el metro contador que se expresa en KWh, ya que es el parámetro mas importante, en la línea de abajo se ponen consecutivamente la diferencia de potencial que tiene el metro expresado en voltaje, la corriente de consumo expresada en amperes,

la potencia aparente expresada en VA y se señala con la letra S, el factor de potencia y la potencia activa expresada en kW, como se puede observar en la siguiente figura No 3



Figura No. 3: Las distintas pantallas del metro contador.

Otro bloque que controla el microcontrolador PIC es la comunicación con el proveedor del servicio donde puede intercambiar los datos, que se poseen en la memoria EEprom en los dos sentidos, para ello se usan los pines de transmisión y recepción serie que el posee, se usa como medio físico una conexión óptica

1.3. Diseño de las soluciones de hardware del metro contador.

La evolución de los dispositivos electrónicos desde la aparición del circuito integrado está en constante avance tecnológico, se caracteriza por el aumento de la complejidad funcional, de la velocidad de trabajo, de la integración de componentes en el chip, por la diversidad de las aplicaciones y la mejora de sus características técnicas, una de las más elevadas expresiones de este desarrollo acelerado de los componentes electrónicos son los circuitos microcontroladores.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico encapsulado en un chip, capaz de ejecutar un programa de instrucciones almacenado en su memoria ROM, el cual puede ser reprogramado según cada aplicación deseada. El microcontrolador incluye los siguientes recursos internos: unidad lógica y aritmética, unidad de procesamiento central (para ejecutar el conjunto de instrucciones del microcontrolador), memoria de programa (ROM), la memoria de datos (RAM y del tipo EEPROM) y los puertos de entrada/salida.

Además, también disponen de otras estructuras funcionales con características especiales como: interfases para la comunicación externa, comparadores analógicos, convertidores analógico-digitales con entradas multiplexadas, temporizadores, contadores, entre otros recursos [7,10].

En el mercado existe gran variedad de empresas que fabrican microcontroladores con características técnicas distintivas, por ello la selección del uso de estos depende de la aplicación a realizar, entre estos se encuentra la familia de microcontroladores PIC desarrollada por la empresa Microchip, la cual posee tres tipos de gamas de microcontroladores PIC para facilitar el diseño de aplicaciones con diferentes grados de complejidad, con distintos tipos y cantidades de recursos internos, con cápsulas exteriores de los tipos (8DIP, 12DIP, 14DIP, 16DIP, 18DIP, 20DIP, 40DIP, cápsulas cerámicas SOIC y cápsula SMD para el montaje superficial) y con diferentes costos, estas gamas son: microcontroladores de gama baja con las series PIC10Fxxx y PIC12Fxxx), la gama media con la serie PIC16Fxxx y la gama alta con (la series PIC18Fxxx, también los del tipo rf PIC para la comunicación inalámbrica y PIC del tipo DSP para el procesamiento digital de señales, por lo que están disponibles, para el desarrollo de diversas aplicaciones existen componentes complejos y costosos para desarrollar aplicaciones. Es posible seleccionar el chip que mejor satisface las necesidades del diseño teniendo en cuenta el tipo y capacidad de las memorias, el número de líneas de puerto y las funciones auxiliares que se precisan, pero todos los microcontroladores de esta familia tienen en común: su arquitectura interna, el conjunto de instrucciones compatibles, los rangos de frecuencia de trabajo de hasta 80 MHz, el bajo consumo de potencia y un voltaje de alimentación de 3 y 5 voltios. Todas estas características técnicas las hacen idóneos para ser empleados en el diseño de equipos electrónicos, sistemas automáticos de adquisición de datos, procesamiento y control y en otras interfases electrónicas. Entre la gama alta de los microcontroladores PIC de la empresa Microchip, se encuentra la familia PIC18Fx52 y uno de sus mejores exponentes es el circuito PIC18F252, el cual cuenta con las características técnicas y los recursos de hardware necesarios para el diseño de esta aplicación, las que se resumen a continuación.

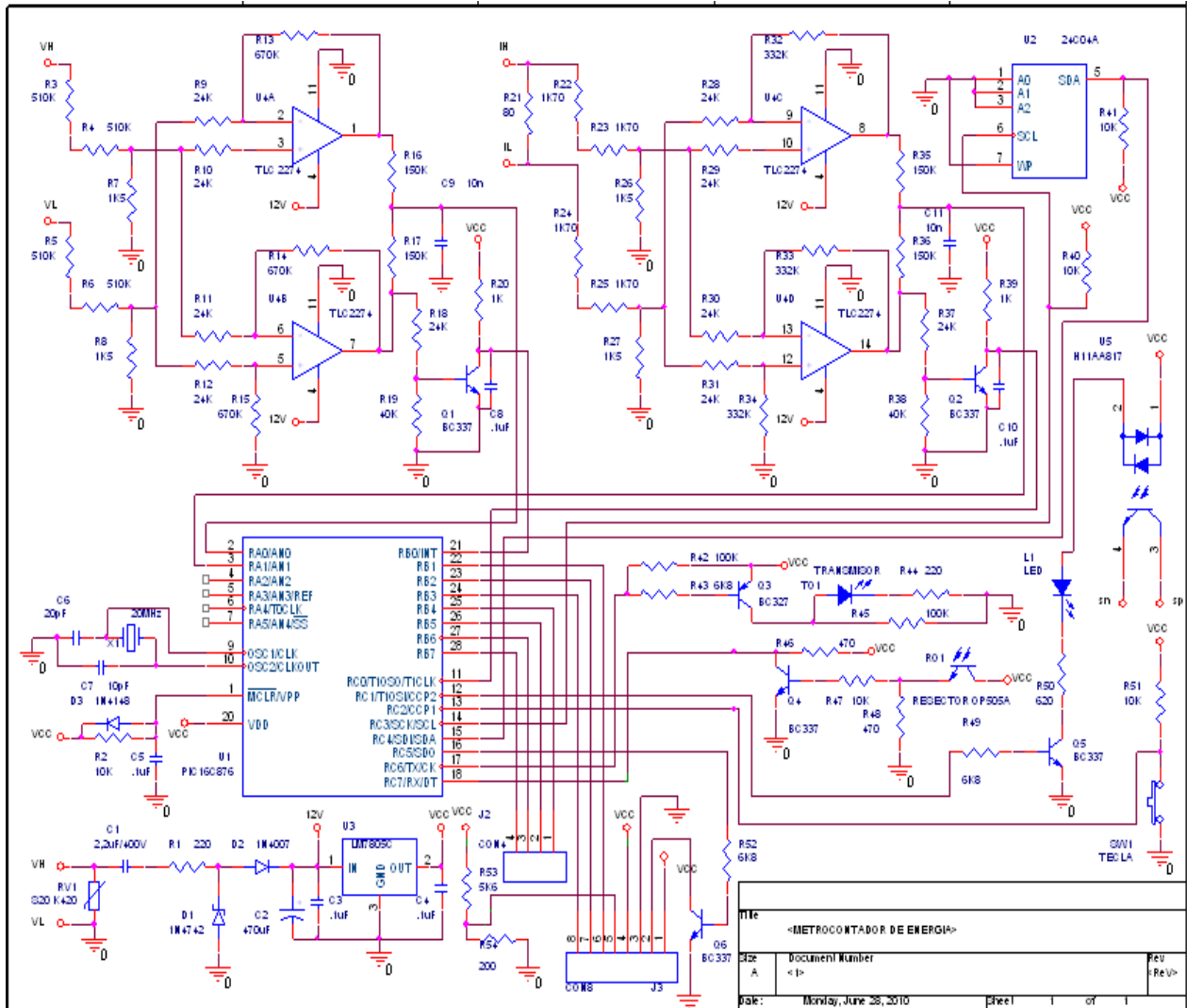
Tabla No.2: **Características técnicas del PIC utilizado.**

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

Otras características técnicas del microcontrolador PIC18F452.

- Posee arquitectura RISC y un conjunto de instrucciones compatibles con las gamas de las series de la familia PIC.
- La frecuencia de trabajo es de hasta 40 MHz, posee 3 líneas de interrupción externa y usa el contador WDT o perro guardián.
- Posee 4 temporizadores: el No.0 es configurable para 8 ó 16 bits con escalado programable, los No.1 y No.2 poseen 16 bits y 8 bits respectivamente con uso configurable por programa.
- Permite las interfaces de comunicación: Puerto Serie SPI (de 3 hilos en 4 modos), Bus I2C (2 hilos en modo master y esclavo), el puerto de salida con el protocolo RS232 y el puerto paralelo PSP. El conversor análogo digital tiene 10 bits de salida y puede multiplexor de 8 entradas analógicas.

En el diseño electrónico se requiere un microcontrolador PIC, a continuación se presenta las conexiones del circuito.



significativos son para enviar la palabra digital del dato a indicar y 3 líneas menos significativas para las señales de control del LCD, que son: E, RS y R/W.

- El pin PB0 se usa como interrupción externa para el sincronismo con la red y como detector de los cruce por cero.
- La línea RC1 se usa para la señalización de la relación impulsos/KWh.
- El pin RC2 se utiliza para el switch digital que conmuta el nivel de corriente a medir.
- Las líneas RC3, RC4 se aplican para lograr la comunicación I2C con la memoria.
- Los pines RC6, RC7 se utilizan para la comunicación serie, por el medio físico infrarrojo.

1.3.1. Fuente de alimentación del metro contador.

Para decidir que fuente usar revisamos primero los valores de voltaje y el consumo para la alimentación que necesitan los elementos que lo componen, se determina que la alimentación de los operacionales deben ser 12v, también se revisa en su hoja de datos su máximo consumo, Se determina que para la alimentación del microcontrolador PIC, la memoria EEprom, el Display, la alimentación del transmisor y receptor óptico se necesitan 5v y el consumo de todos estos elementos es inferior a 2W.

Con todos estos datos se valora que la mejor variante es una fuente capacitiva ya que es muy estable para pequeños niveles de potencia, es más barata y menos pesada que un transformador ferromagnético, que una fuente conmutada u otra [9].

La fuente posee en su entrada un varistor entre vivo y neutro de la línea, que protege al metro contador contra las descargas eléctricas y los picos de voltajes por encima de su máximo voltaje de trabajo. Este componente es de mucha importancia en nuestro país, que posee un clima tropical y este producto está expuesto a todas las condiciones climáticas que ocurren y él lo protege.

Esta fuente posee un capacitor (teniendo en cuenta la R_c del mismo) y una resistencia en serie entre el vivo de la línea y la carga para provocar una caída de voltaje, para el

cálculo del condensador y la resistencia, se tiene en cuenta la potencia total que alimentara esa carga y se estabiliza el voltaje con un diodo zener de 12v, que es el que alimentara una parte del circuito, después se usa un regulador lineal LM7805 para alimentar los componentes que trabajen con 5V, a pesar de que los reguladores lineales no son los más eficientes, se determina este por un problema de costo y el bajo consumo de los elementos a alimentar. Todo esto se observa en el siguiente circuito.

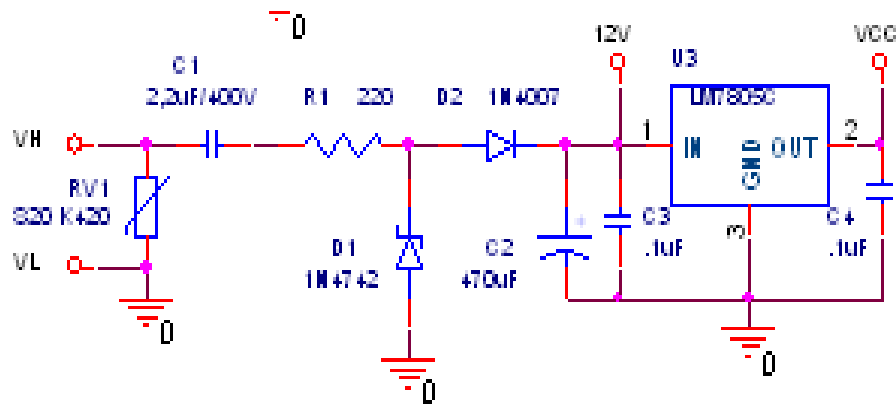


Figura No. 5: **Diagrama eléctrico de la fuente de alimentación.**

1.3.2. Almacenamiento de datos en la memoria EEprom.

La memoria del tipo EEPROM empleada es la 24C04 (Figura No.11) tiene una estructura interna para almacenar 4 Kbytes de 8 bits y opera con un rango de alimentación desde 2.5 a 5.5V y se diseña para conectarse al bus I2C. A continuación se muestra la distribución de terminales del componente [10,11,12].

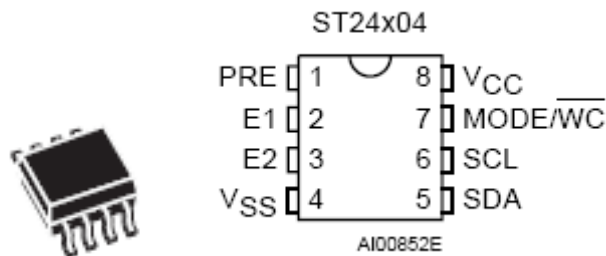


Figura No. 6: **Encapsulado de la memoria EEPROM 24C04.**

Para su direccionamiento se requiere el siguiente Protocolo (Figura No.7) con la secuencia de palabras que permiten: identificar el dispositivo con un código, seleccionarlo o habilitarlo, ordenar el tipo de operación escritura o lectura a realizar. Posteriormente se envían 2 bytes para direccionar la localización interna donde se va a operar,

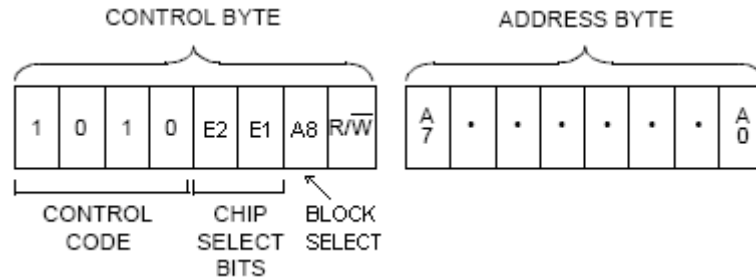


Figura No. 7: **Protocolo de direccionamiento.**

Este dispositivo presenta cuatro modos de trabajo, que se relacionan:

- 1- La escritura de datos individuales dada una dirección, cuyo protocolo se muestra a continuación en la Figura No. 8:

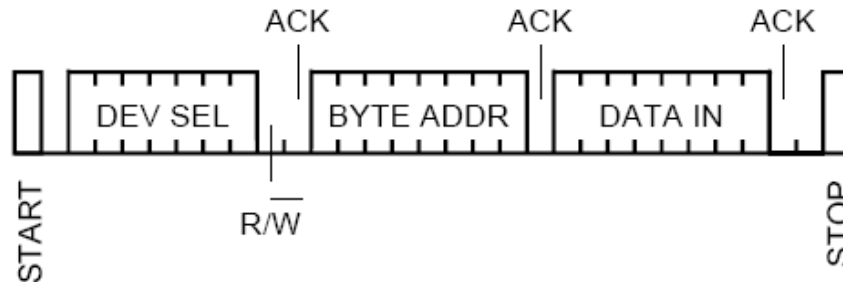


Figura No. 8: **Modo escritura de datos individuales.**

- 2- La escritura de bloques de 8 bytes dada la dirección de inicio del bloque, cuya secuencia se muestra a continuación en la Figura No. 9:

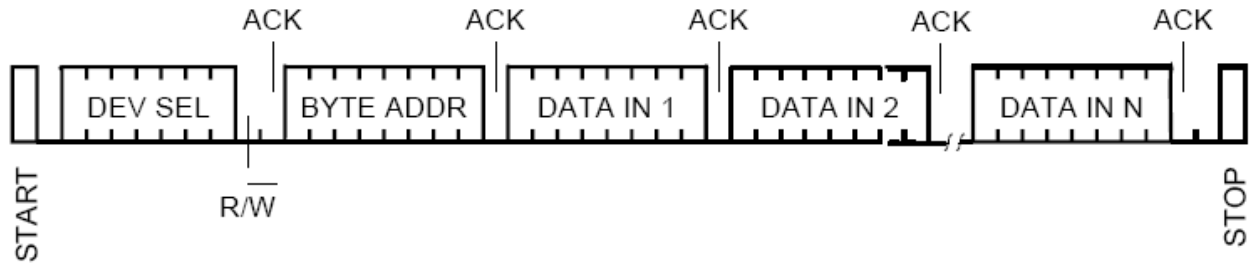


Figura No. 9: **Modo escritura de bloque de 8 bytes.**

3-La lectura del dato almacenado en una dirección dada, según el protocolo de la Figura No. 10

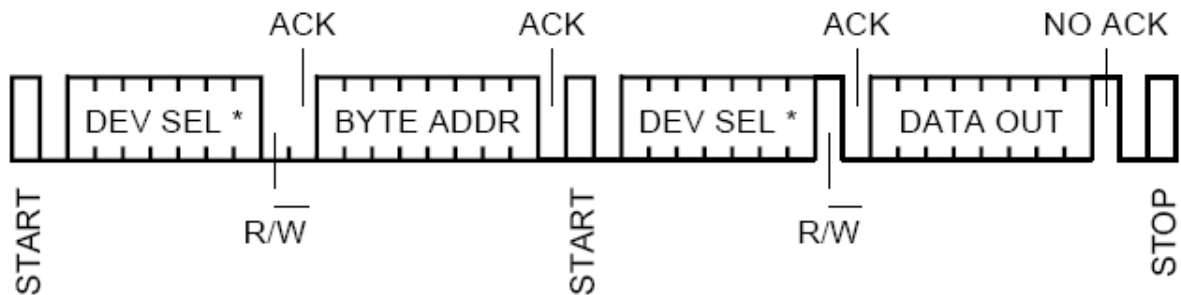


Figura No. 10: **Modo lectura de datos individuales.**

4-La lectura de bloques de datos secuenciales, según la dirección de inicio y opera de acuerdo a la secuencia siguiente en la Figura No. 11:

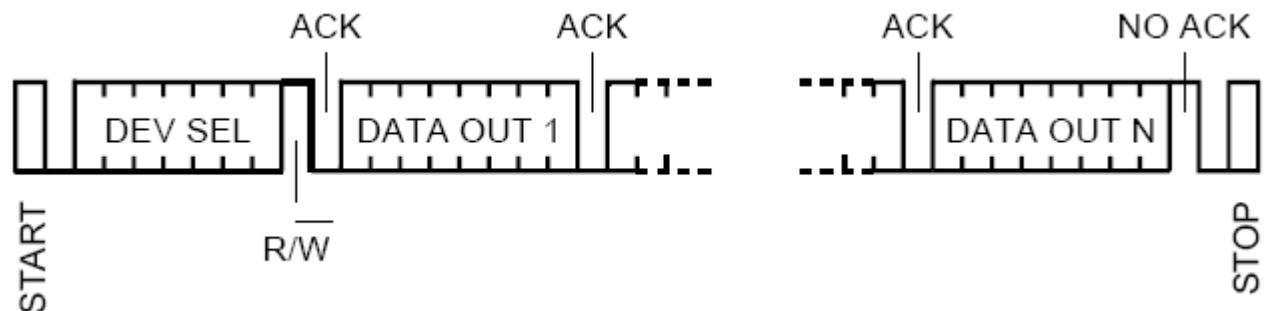


Figura No. 11: **Modo lectura de bloque de datos secuenciales.**

Para la operación con este componente es necesario desarrollar rutinas en microprograma PIC, para realizar los 4 modos de trabajo según el proceder de la memoria, pues se requiere en el trabajo del metro contador, leer y escribir en la eeprom de forma aleatoria o en bloques de datos.

1.3.3. Datos técnicos del display LCD usado en la aplicación.

Para la aplicación se usa el display PC 1602-F del fabricante POWERTIP las dimensiones mecánicas se observan en la siguiente figura, son de gran importancia ya que determinan la ubicación y las dimensiones de los caracteres que se van a visualizar.

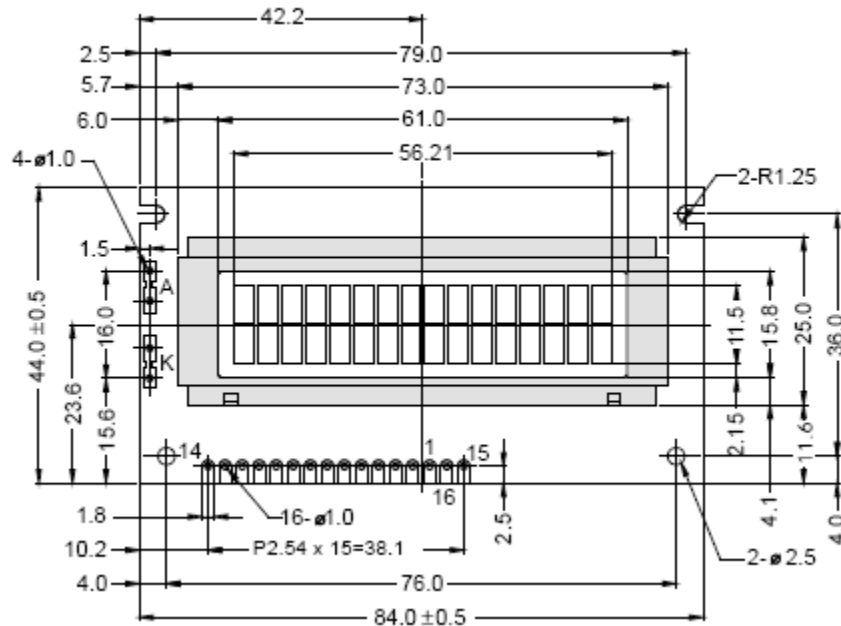


Figura No. 12: Dimensiones del LCD.

En la siguiente figura se ven la distribución de pines del LCD, los pines de datos y control, que se conectan al microcontrolador posee los pines de alimentación y un pin de ajuste de contraste para aplicar un voltaje que determina la calidad de la imagen, también posee un Led que ilumina el fondo del display para resaltar los datos en la oscuridad, en nuestro caso es opcional ya que se quiere trabajar al menor consumo posible [12] .

PIN ASSIGNMENT		
Pin no.	Symbol	Function
1	Vss	Power supply(GND)
2	Vdd	Power supply(+)
3	Vo	Contrast Adjust
4	RS	Register select signal
5	R/W	Data read / write
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	A	Power supply for LED B/L (+)
16	K	Power supply for LED B/L (-)

Figura No. 13: **Asignación de los pines del LCD.**

1.3.4. Aplicación de la comunicación óptica.

Para ofrecer una explicación de cómo se implementa esta comunicación serie, pero usando un medio físico óptico, hay que explicar primero los elementos que componen esta comunicación.

- El metro contador.
- El cable de interconexión, que en un extremo posee un conector RS232 y en el otro un transmisor y un receptor infrarrojo,
- Lector PDA o una LAPTO con comunicación serie.



Figura No. 14: **Elementos que componen la comunicación.**

En el caso del metro contador se usa los pines que posee el microcontrolador de transmisión y recepción serie, pero como el problema que se nos presenta es que físicamente un conector serie RS232 u otro, que se conecta y desconecta varias veces suele tener desgaste mecánico, este producto está expuesto a exteriores donde debe tener un nivel de seguridad ante las condiciones climática y las personas que tratan de violarlos, por eso todos poseen sellos de seguridad, entonces se decide usar como medio físico un transmisor y un receptor óptico, que se ubican en el interior del gabinete y mantienen la comunicación con el exterior a través del cristal que forma parte de la tapa del producto.

Se aprecia en la figura No.15 que en el pin de transmisión del microcontrolador se generan los pulsos en dependencia a los datos que se le piden y que posee almacenados en memoria, este pin se conecta a la base de un transistor BC327 (PNP) que posee su emisor a 5V de alimentación y en su colector tiene conectado el transmisor óptico, con esto se logra los niveles de corrientes necesarios y una polarización óptima para un bien funcionamiento del trasmisor óptico. En el caso del receptor cuando los pulsos de luz que el capte cumplan con los niveles que se determinan en el diseño, entonces conduce un voltaje hacia la base de un transistor BC337 (NPN) que acondiciona la señal a los niveles necesarios para el pin de recepción de la comunicación RS232 que posee el microcontrolador.

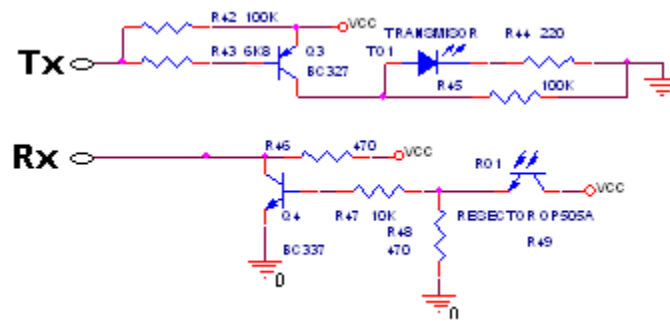


Figura No. 15: **Circuito que posee el metro contador para la comunicación.**

Para lograr esta comunicación en el metro contador se tienen que cumplir determinadas normas como son la separación entre el transmisor y el receptor, como se ve en la figura No.16, además para una mejor comunicación y eliminar las interferencias, el receptor y el transmisor del metro contador deben observarse frente a frente con los que posee el cable de interconexión, esto se logra mecánicamente poniendo una arandela en el metro contador alrededor de estos elementos y un imán en el extremo del cable alrededor también de estos elementos.

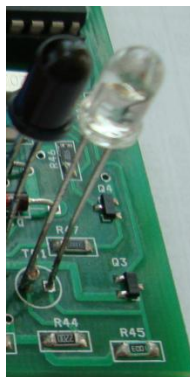


Figura No. 16: **Posición del trasmisor y receptor óptico en el metro contador.**

El cable de interconexión posee en uno de sus extremo un circuito igual al del metro contador para convertir las señales transmitidas o recibidas de forma infrarroja a niveles TTL, pero además posee como se ve en la figura No.17 un circuito integrado MAX 232,

que convierte los niveles TTL (0_ 5V), a los niveles de voltajes necesario para una comunicación serie RS232 (- 12V _ 12V), que se conecta en el otro extremo del cable.

Para alimentar el transmisor y receptor óptico se usa un pin del mismo conector DB9, que se usa para la comunicación RS232 y serán alimentados a través de un regulador lineal LM7805, para comunicarse con el metro ya sea un PDA o una Laptop, que ambos por ese puerto dan la corriente necesaria para alimentar esos elementos.

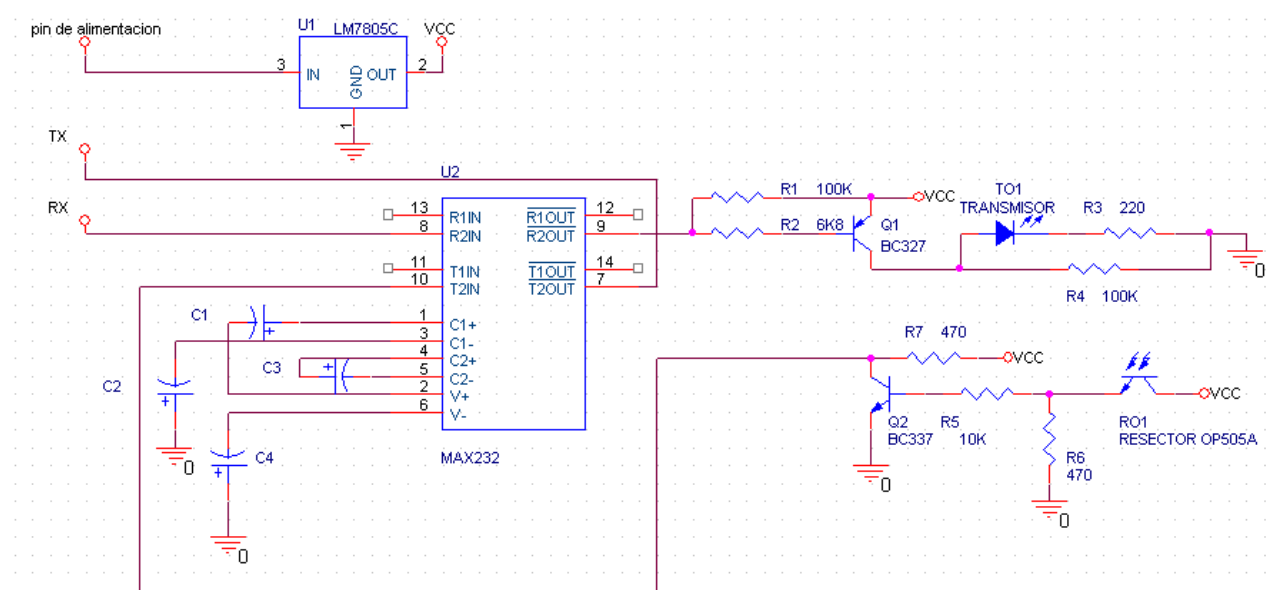


Figura. No. 17: **Circuito que posee el cable de interconexión para la comunicación.**

En el caso de la comunicación RS232 en el equipo lector, en el conector DB9 se usan los pines

- Pin 2 RX para recepción.
- PIN 3 Tx para transmisión.
- Pin 4 Data Set para la alimentación del circuito.
- Pin 5 GND.

1.3.5. Acondicionamiento de las señales de lecturas del A/D.

Las dos señales analógicas que se leen, son la de voltaje de línea y corriente de la carga conectada, por lo que para cada una se tiene que poner un circuito de acondicionamiento de la señal como se ve en la figura No. 18

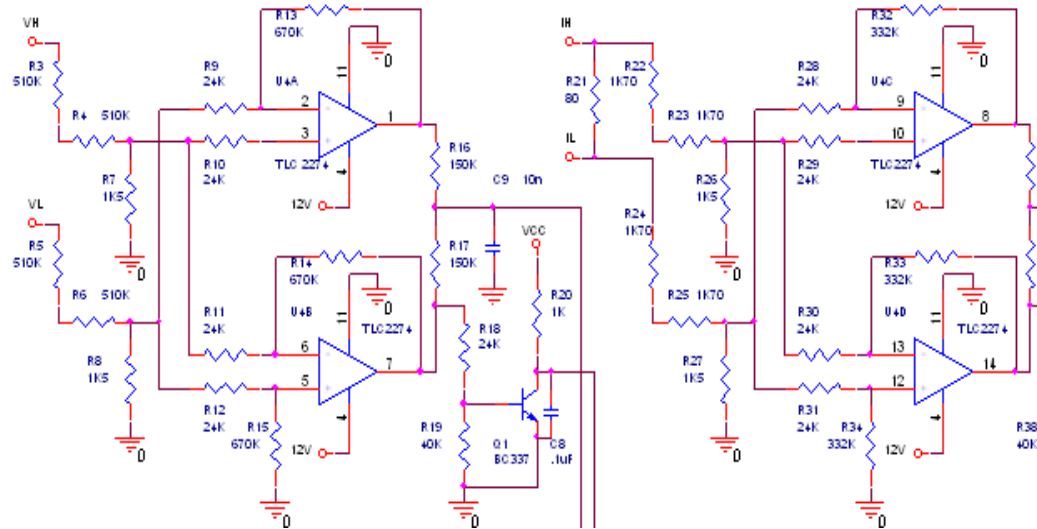


Figura No. 18: **Diagrama eléctrico del circuito de acondicionamiento de voltaje y corriente.**

En ambos circuitos se usa el circuito integrado TLC2274, que posee 4 amplificadores operacionales de bajo ruido y bajo voltaje de offset de salida inferior a 950uV, este CI se fabrica por Texas Instruments y en la figura No.19, se observa su forma y su distribución de pines.

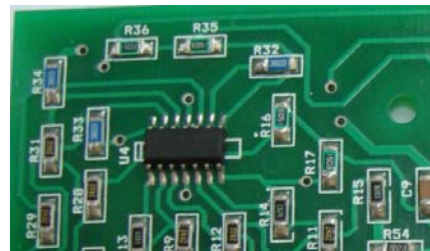
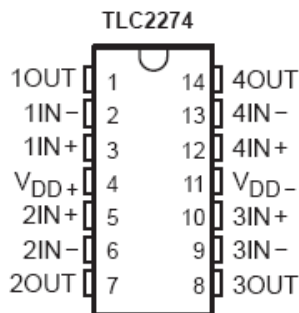


Figura No. 19: **Configuración del Circuito Integrado TLC2274.**

Para leer la señal de voltaje alterno de la red, se usa operacionales en una configuración de atenuador y rectificación de onda completa [11,13,14,15], la señal del voltaje de línea es atenuado con un divisor de voltaje y se usan dos circuitos operacionales, cada uno acondiciona un semiciclo de la señal al rango de trabajo necesario para leerse por el A/D, en dependencia a los valores de resistencia de retroalimentación conectada, después se unen las salidas de los dos amplificadores logrado una rectificación de onda completa, proporcional a la señal de entrada, con una atenuación de 62 veces.

Para la lectura de esta señal y lograr un metro contador que sea multifrecuencia y pueda leer en líneas de 50Hz al igual que en 60Hz, es necesario sincronizarlo con la línea, para esto se conecta un transistor (NPN) a la salida de uno de los operacionales en la configuración de emisor común, se ve a su salida un pulso cuadrado cada semiciclo, la subida de cada pulso coincide con el cruce por cero de cada ciclo, esta salida es conectada al pin de interrupción del microcontrolador, el desplazamiento de la subida del pulso con respecto al cruce por cero no afecta ya que va a ser siempre el mismo punto de partida para cada ciclo, todo esto se observa en la siguiente figura No.20, que es el resultado de la simulación de este circuito en el programa Orcad 16.0.

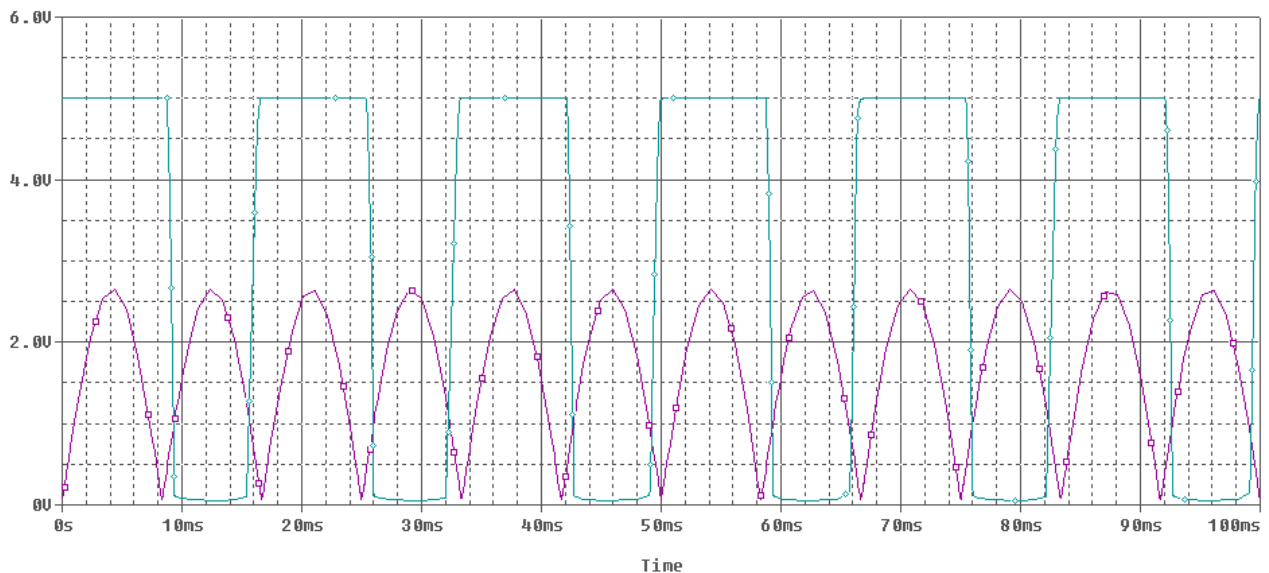


Figura No. 20: Resultados de la simulación del circuito de acondicionamiento de señal de voltaje y el pulso de sincronismo.

En el caso de la señal de corriente de la carga conectada al metro contador se usa como elemento para sensar la corriente un transformador de corriente, que lo hace más eficiente que otros metros que usan resistencia shunt, este elemento es muy importante en el metro pues define los rangos máximos y mínimos que se pueden medir, así como la linealidad del instrumento, en nuestro caso se usa un transformador de corriente de precisión embebido en resina del modelo TA8348 con un nivel de aislamiento entre entrada y salida superior a 6000V y una corriente máxima de lectura sin saturar el núcleo de 40A. Este elemento logra medir un voltaje a su salida proporcional a la corriente que circula por su primario, de forma muy eficiente pues la caída de voltaje en el cable primario es despreciable. En la siguiente figura No.21, se observa el transformador de corriente [9].



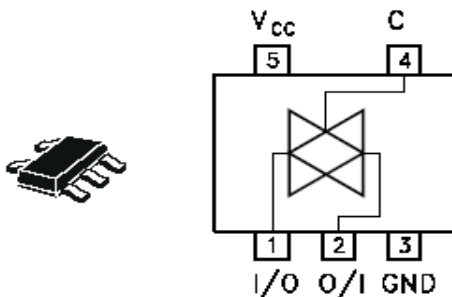
Figura No. 21: **Transformador de corriente.**

Para el acondicionamiento de esta señal de voltaje proporcional a la de corriente de la carga conectada, se realiza un circuito similar al de lectura del voltaje de línea, o sea dos operacionales en la configuración de rectificación de onda completa, esta señal no es necesaria atenuarla, sino amplificarla por lo que no poseen las mismas resistencias que determinan la ganancia en esta configuración.

Como el rango de lectura de la corriente de carga es muy grande y va desde 40mA hasta 40A, no era posible mantener la linealidad ni en acondicionamiento ni en la entrada del A/D del microcontrolador, entonces se analiza dividir en dos rangos la lectura de corriente para ello una variante es cambiar la ganancia del circuito de acondicionamiento de la señal, que implica cambiar varias resistencias y se determina variar la resistencia de carga del transformador de corriente a la entrada del circuito de acondicionamiento de

señal, cuando el microcontrolador reconoce que está en el rango de 40mA hasta 3A, conecta una resistencia a la salida del transformador de 10k, pero si está en el rango de 3A hasta 40A entonces lo atenúa conectando una resistencia de 240 Ohm, para realizar esta conmutación se utiliza un switch digital.

El 74H1G66 es un switch bilateral fabricado con compuertas de silicio que usa tecnología CMOS [11,12], de alta velocidad de conmutación y muy bajo consumo. La entrada C se utiliza para controlar el switch, se activa cuando la entrada C tiene un nivel alto y se desactiva cuando la entrada C tiene un nivel bajo. Todas las entradas como las salidas poseen protección ante exceso de voltaje. Se puede observar en la figura No. 22



PIN No	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1	I/O	Independent Input/Output
2	O/I	Independent Output/Input
3	GND	Ground (0V)
4	C	Enable Input (Active HIGH)
5	V _{CC}	Positive Supply Voltage

Figura. No.22: Encapsulado y descripción de pines del switch digital 74H1G66.

1.4. Diseño de las soluciones de software en el microcontrolador PIC del metro contador.

El software principal residente en el microcontrolador realiza las siguientes funciones:

1. Control del indicador LCD, visualizar datos y mensajes.
2. Lectura y escritura de datos en la memoria EEPROM.
3. Transmisión de los datos desde el microcontrolador al lector.
4. Recepción de un buffer en la interfaz PIC en el modo programación desde el lector.
5. Medir los parámetros de la línea eléctrica.

El software del microcontrolador esta compuesto por 8 funciones principales [1,3,5]:

- **Inicio:** Esta función configura el PIC, es decir que pines van a ser de entrada salida, inicializa todas las variables del programa, configura los temporizadores, la interrupción externa, entre otras cosas.
- **LeerAD:** Devuelve el valor del A/D, según el conversor seleccionado.
- **Init_buffer:** Limpia el buffer de comunicación para la recepción de los datos.
- **Add_buffer:** Adiciona los caracteres recibidos en el buffer de comunicación, para su posterior procesamiento.
- **Write_Energia:** Guarda en la memoria EEPROM el valor de consumo.
- **Read_Energia:** Devuelve el valor de consumo almacenado en la memoria EEPROM.
- **Tx_buffer:** Transmite hacia la PC los paquetes de información solicitados.
- **Init_bufer_send:** Limpia el buffer de envío.

El software del microcontrolador consta de dos módulos o ficheros: Un primer fichero llamado *soft_control.c* donde se implementan todas las funciones que hacen posible la interacción con el hardware del controlador de energía, y un segundo módulo denominado *soft_control.h*, que contiene los fusibles para la programación del microcontrolador, la configuración del puerto RS232, la configuración del conversor A/D y la selección del cuarzo.

- **soft_control.h:**

```
#include <18F252.h>      //Microcontrolador que se va a utilizar
#define adc=10           //Configura el conversor A/D a 10 bit de salida

//Fusibles utilizados para la programacion del PIC
#define FUSES NOWDT      //No Watch Dog Timer
#define FUSES WDT128     //Watch Dog Timer uses 1:128 Postscale
#define FUSES HS         //High speed Osc (> 4mhz)
#define FUSES NOPROTECT  //Code not protected from reading
#define FUSES NOOCSSEN   //Oscillator switching is disabled, main oscillator is source
#define FUSES NOBROWNOUT //Reset when brownout detected
#define FUSES BORV20     //Brownout reset at 2.0V
#define FUSES NOPUT      //No Power Up Timer
#define FUSES NOSTVREN    //Stack full/underflow will cause reset
#define FUSES NODEBUG    //No Debug mode for ICD
#define FUSES NOLVP      //Low Voltage Programming on B3 (PIC16) or B5 (PIC18)
#define FUSES NOWRT      //Program memory not write protected
#define FUSES NOWRTD     //Data EEPROM not write protected
#define FUSES NOWRTB     //Boot block not write protected
#define FUSES NOWRTC     //configuration not registers write protected
#define FUSES NOCPD      //No EE protection
#define FUSES NOCPB      //No Boot Block code protection
#define FUSES NOEBTR     //Memory not protected from table reads
#define FUSES NOEBTRB    //Boot block not protected from table reads

#define use delay(clock=20000000) //Selecciona la frecuencia del cuarzo usado
#define byte PORTA = 0xF80        //Especifica la localizacion de los puertos
#define byte PORTB = 0xF81
#define byte PORTC = 0xF82
//Configura la comunicacion serie para 9600 baudios, sin paridad
//datos de 8 bits, y los pines de TX y RX
#define use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
```

- **soft_control.c:** Interfaz con el hardware.

A continuación se describirán algunas de las subrutinas que conforman este módulo en el programa del microcontrolador,

1.4.1. Subrutina de lecturas de los datos.

El muestreo de la línea de AC, se realiza cada 140us una lectura en los distintos A/D, se utiliza el timer1, se implementa la función **Leer_AD()**, que devuelve el valor de lectura según el canal A/D seleccionado y hace uso de la función **read_adc()** que nos brinda el compilador.

```
//Lectura del AD
int LeerAD(unsigned int channel)
{
    int lectura;
    lectura = 0;    //limpio el valor anterior de lectura

    switch(channel)
    {
        case 0: set_adc_channel(0); //...senzar voltaje
                delay_us(5);
                lectura = read_adc();
                return lectura;
                break;

        case 1: set_adc_channel(1); //...senzar corriente
                delay_us(5);
                lectura = read_adc();
                return lectura;
                break;

        default:break;
    }
}
```

En este proceso se usa la interrupción externa para sincronizar con la señal de voltaje de la red eléctrica nacional, que permite que el controlador de energía sea multifrecuencia. El procesador hace todas las lecturas de un ciclo, lee cada vez que interrumpe el timer1, pero el cálculo de voltaje y corriente promedio, lo realiza cada vez que termina un ciclo.

Otro parámetro que el lee gracias al sincronismo, son las posiciones en tiempo de los valores picos de corriente y voltaje, o sea de todos los valores de voltajes que se muestrean cada 140uS, se guarda en que tiempo ocurre el mayor, después del cruce por cero y lo mismo se hace con la corriente, se calcula la diferencia entre ellos y en dependencia a la misma se sabe el desfase, para calcular el factor de potencia.

Los desfases entre la corriente y el voltaje ocurren por los tipos de cargas que se le conectan a la red, o sea si la carga es inductiva o capacitiva, se adelanta o se atrasa la corriente con respecto al voltaje como se puede observar en la figura. No.23. si la

carga es resistiva no hay desfase. En la literatura determinan el factor de potencia teniendo en cuenta el cruce por cero de las señales de voltaje y corriente, pero en este caso se determina comparando en tiempo los picos de voltajes de las señales, ya que al metro se le conectará distintos tipo de cargas, que su comportamiento no son puramente inductivo, ni capacitivo por ejemplo las cargas electrónicas, que la señal de corriente solo consume en los picos de voltajes y tienen un tiempo en cero muy grande.

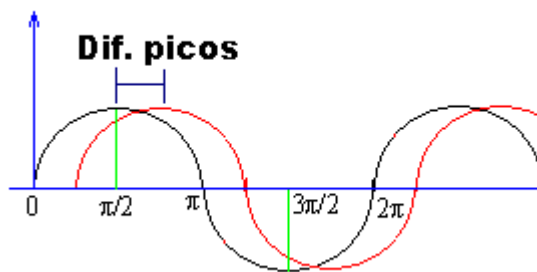


Figura. No.23: **grafica de defasaje entre la señal de voltaje y corriente.**

Para el cálculo del factor de potencia se usó la fórmula $F_p = \cos \theta$ donde $\theta = \text{dif picos} \cdot \text{constante} \cdot \text{acumulado} \cdot 4$. Todo el cálculo de θ se expresa en radianes.

Con las mediciones de voltaje, corriente y factor de potencia se calculan todos los demás parámetros del metro contador de energía.

1.4.2. Subrutina de atención al display.

Para visualizar los datos en el display, se usa una función que provee el compilador, en este caso se usa una interrupción que se llama switch, que permite visualizar distintas pantallas, como casos independientes, esto ayuda a determinar la secuencia en que se visualizarán las pantallas, la demora que se programa cada 100mseg realiza la función de refrescamiento en el display.

```
//Menu
printf(lcd_putc, "\fCon: %6.1gKw/h", (consumo/10.00));
switch (texto)
{
    case 0x00: printf(lcd_putc, "\nV:%3.1gv I:%2.1gA", trueRMS, trueI);
               break;
    case 0x01: printf(lcd_putc, "\nS:%1.3gKVA", potencia_VA);
               break;
    case 0x02: printf(lcd_putc, "\nP:%1.3gKw f:%1.2g", potencia_W, factor_potencia);
               break;
    case 0x03: printf(lcd_putc, "\nEsperando Datos");
               break;
    case 0x07: printf(lcd_putc, "\n OK.");
               break;
    default:   texto = 0;
               break;
}
delay_ms(100);
```

1.4.3. Subrutina de almacenamiento de los datos en memoria.

Para guardar y leer el valor de consumo se implementan las funciones ***Write_Consumo()*** y ***Read_Consumo ()***, las cuales guardan y leen el valor de consumo leído, en la memoria EEPROM, haciendo uso de las funciones del compilador que nos permiten interactuar

```
//Funcion para escribir el valor del consumo en la memoria RAM ext.
void Write_Consumo(int dir, mylong x)
{
    write_ext_eeprom(dir, x);
    dir++;
    x >>= 8;
    write_ext_eeprom(dir, x);
    dir++;
    x >>= 8;
    write_ext_eeprom(dir, x);
    dir = 2;
}
```

```
////Funcion para leer el valor del consumo de la memoria RAM ext.  
void Read_Consumo(int pos)  
{  
    dato = read_ext_eeprom(pos);  
    consumo = dato <<= 16;  
    pos--;  
    dato = read_ext_eeprom(pos);  
    dato = dato <<= 8;  
    consumo = consumo | dato;  
    pos--;  
    dato = read_ext_eeprom(pos);  
    consumo = consumo | dato;  
}
```

El procedimiento para guardar y leer cualquier datos en la memoria es similar, pero lo que varía es el dato y la dirección de memoria donde se ubica, los datos con los que se trabajan en este caso pueden ser consumo, voltaje máximo y mínimo, consumo conectado máximo y mínimo, potencia máxima y mínima, así como otros que pueden ser de interés al suministrador del servicio.

1.4.4. Subrutina de comunicación serie.

El formato de la trama que se utiliza en el proceso de comunicación con el lector es el siguiente:

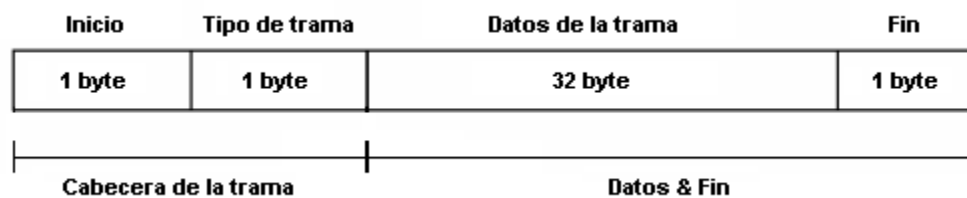


Figura. No23: **Formato de la trama que se utiliza en la comunicación.**

En este apartado se describen los pasos necesarios para lograr la recepción de datos a través de la interfaz de comunicación. Se debe aclarar que solo se explicarán las líneas del código de mayor relevancia para el entendimiento del mismo, y solo se comentará las otras líneas que son de muy fácil entendimiento.

En el caso de la recepción de los datos lo primero que se hace es crear un espacio en memoria para el buffer, pues en este se va a almacenar todos los datos recibidos, para ello se crean las variables

```
int const lengthBuffer = 4;
char rcvchar;
char buffer[lengthBuffer];
```

Para la recepción de los datos se utiliza la interrupción int_RDA, que viene configurada para el hardware interno que posee el microcontrolador, haciendo uso de la función kbhit() comprobamos que se haya capturado un dato en el registro de recepción del microcontrolador, seguidamente usamos la función Add_buffer() se adiciona al buffer de recepción, para su posterior procesamiento.

```
//...Recibo los datos
#int_RDA
void RDA_isr()
{
    rcvchar=0x00;
    if(kbhit())
    {
        rcvchar=getc();
        Add_buffer(rcvchar);
    }
}
```

```
//...Adiciono un caracter al buffer
void Add_buffer(char c)
{
    //Proceso la informacion recibida y la guardo
    switch(c)
    {
        case 0x73: flag_stop_menu = 1;
                  texto = 4;
                  break;

        case 0x2A: flag_end_rx = 1;
                  break;

        default:   buffer[xbuff++] = c;
                  break;
    }
}
```

Dentro de la función main() se procesa la información contenida en el buffer de recepción, en dependencia del tipo de trama recibida se procede a realizar la acción correspondiente, que puede ser: enviar el código del equipo, enviar los parámetros estadísticos, etc.

```
//Proceso la informacion recibida
if(flag_end_rx == 1)
{
    switch (buffer[0])
    {
        case 0x6E: //Envio el codigo
                   itoa(num,10, bufer_send);
                   printf("%s\r\n",bufer_send);
                   Init_buffer(); //inicializo el buffer de recepcion de nuevo
                   texto = 7;
                   tiempo = 40;           //vuelvo al menu inicial
                   flag_stop_menu = 0;
                   flag_end_rx = 0;      //quito la bandera de recepcion
                   break;

        case 0x65: Write_Energia(buffer[1], buffer[2], buffer[3]); //Salvo la energia asignada
                   Init_buffer(); //inicializo el buffer de recepcion de nuevo
                   texto = 7;
                   tiempo = 40;           //vuelvo al menu inicial
                   flag_stop_menu = 0;
                   flag_NEU_energia = 1;
                   flag_end_rx = 0;      //quito la bandera de recepcion
                   break;

        case 0x70: //Envio los parametros
                   flag_start_TX = 1;
                   break;

        default:   //texto = 0;
                   break;
    }
}
```

Para la transmisión de datos, se crea un espacio en memoria para el buffer de transmisión, el cual contendrá los datos a enviar hacia la PC, para ello se crean las variables

```
char bufer_send[10];  
char separador = 0x5F;  
char end_send = 0x24;
```

Dentro del bloque de procesamiento de las tramas recibidas, una vez que se recibe la trama donde se solicita el envío de los parámetros estadísticos, se habilita la bandera

flag_start_TX

```
case 0x70: //Envio los parametros  
    flag_start_TX = 1;  
    break;
```

Dentro de la función main() se realiza la llamada a la función ***Tx_buffer()*** que es la encargada de realizar el proceso de enviar la información.

```
if(flag_start_TX == 1)  
{  
    Tx_buffer();  
}
```

Para la transmisión de los parámetros estadísticos se hace uso de la función ***itoa()*** la cual copia en el buffer de transmisión el valor del parámetro que se desea enviar, una vez lleno el buffer de transmisión con el dato deseado, se procede a su transmisión utilizando la función ***printf()*** la cual envía una cadena de caracteres por la salida RS232 configurada.


```
//...Transmito todo los parametros
void Tx_buffer(void)
{
    switch (index)
    {
        case 0x00: itoa(num,10, bufer_send); //energia
                   printf("%s\r\n",bufer_send);
                   texto = 6;
                   index = 1;
                   break;

        case 0x01: printf("%c", separador);
                   texto = 6;
                   index = 2;
                   break;

        case 0x02: itoa(num,10, bufer_send); //voltaje
                   printf("%s\r\n",bufer_send);
                   texto = 6;
                   index = 3;
                   break;

        ...

        ...

        case 0x0B: printf("%c", end_send); //Fin de envio
                   flag_end_rx = 0; //quito la bandera de recepcion
                   Init_buffer(); //inicializo el buffer de recepcion de nuevo
                   texto = 7;
                   tiempo = 40; //vuelvo al menu inicial
                   flag_stop_menu = 0;
                   index = 0;
                   Init_bufer_send(); //limpio el bufer de Tx
                   flag_start_TX = 0;
                   break;
    }
}
```

1.4.5. Subrutina de relación impulsos/KWh.

Para conocer la energía consumida se desarrolla una fórmula, ya que teníamos que generar unos impulsos que dependieran de la cantidad de potencia conectada, los mismos se acumulan en el tiempo y se comparan con una constante determinada en el diseño y cuando son iguales se consume un KW/h de energía.

En la formula se multiplica 0.001* la potencia activa conectada y se van sumando cada vez que se hace el cálculo de potencia o sea cada un ciclo, cuando el valor sea superior o igual a 1, se genera un pulso y se le resta 1 al valor que se acumula, de esta forma se modula la frecuencia de repetición de los pulsos en dependencia a la potencia conectada, la visualización en el display del consumo se incrementa cada vez que se generan 360 pulsos que es el dato que damos como fabricante del producto.

```
sumatoria_final = (sumatoria_final + (0.001 * potencia_W));

if(sumatoria_final >= 1.00)
{
    sumatoria_final = sumatoria_final - 1.00;
    flag_desborde = 1;
    led = 1;
    pulsos++;
}

if(pulsos == 1) //360 Impulsos x Kwh
{
    pulsos = 0;
    consumo = consumo + 1;
    Write_Consumo(dir, consumo);
}
```

1.5. Programa ReaDER para el monitoreo del metro contador.

Se desarrolla la aplicación ReaDER residente en la PC, con la cual se puede monitorear el metro contador de energía y llevar el historial de todos los usuarios conectados al sistema eléctrico, la aplicación se desarrollo usando Builder C++ v.6 como entorno de programación, en lenguaje C++, donde se realizan las siguientes acciones:

1. Leer el valor de energía consumida por el usuario.
2. Eliminar un usuario de la base de datos del sistema.
3. Solicitarle al metro contador todos los parámetros estadísticos almacenados en su memoria EEPROM y guardarlos en la base de datos del usuario, por fecha.
4. Mostrar el historial de cada usuario en el cual se muestran los valores de los parámetros estadísticos organizados por fecha.

1.5.1. Descripción del programa ReaDER. Funcionamiento.

A continuación se describirán los pasos para su funcionamiento [1].

Esta aplicación tiene un instalador, esto implica que es el primer paso que se debe hacer en el lector, que pudiera ser lo mismo en un PDA, que en una Laptop.



Una vez instalada la aplicación, se ejecuta con doble click sobre el icon

La aplicación se inicia con una pantalla de presentación mientras se carga la aplicación y la base de datos.

Posteriormente se muestra la pantalla principal de la aplicación donde se ven los códigos de cada cliente el nombre y los consumos de energía ya leídos, la misma consta de un menú de opciones, los botones de acceso directo y el menú de ayuda.

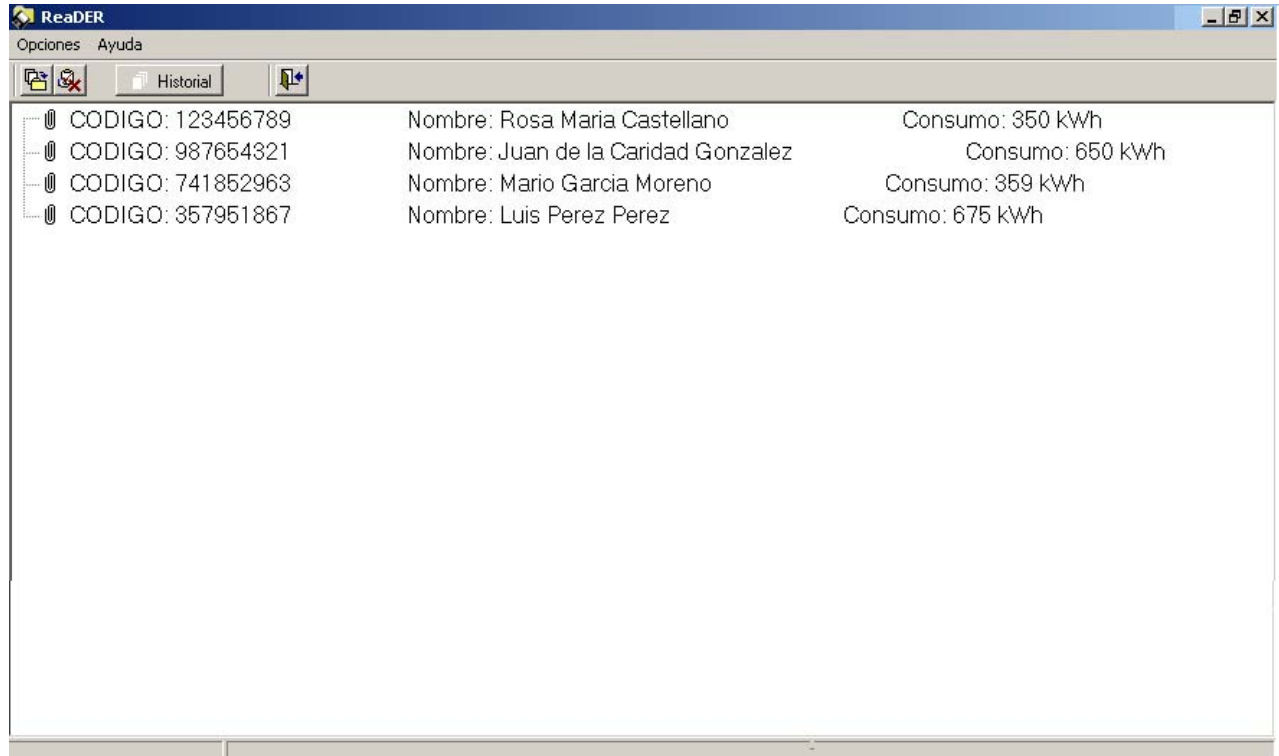


Figura. No.24: **Pantalla principal de la aplicación.**

El menú de opciones nos permite recibir parámetros estadísticos del metro contador, eliminar usuarios de la base de datos o cerrar la aplicación.

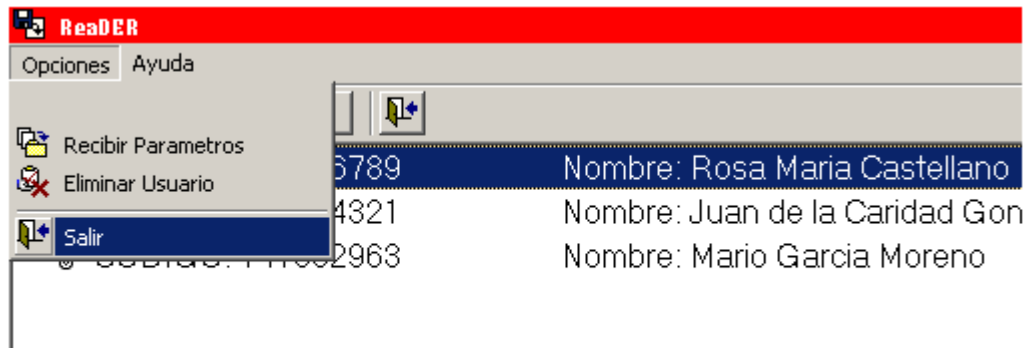


Figura. No.25: **Menú de opciones.**

Los botones de acceso directo nos permiten realizar las mismas acciones que por el menú de opciones, pero sin tener que desplegar el menú, excepto la opción de ver historial que solo se realiza por el botón correspondiente.

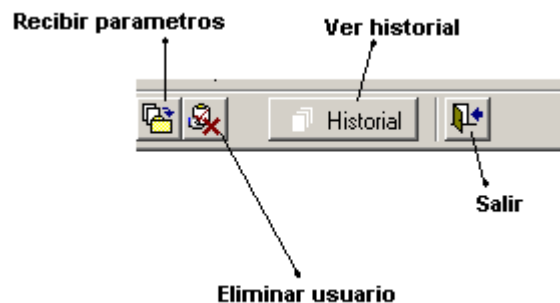


Figura. No.26: **Botones de acceso directo.**

Al hacer click sobre la opción recibir parámetros, comienza el proceso de comunicación con el metro contador de energía al cual se está conectado, se debe aclarar que todo este proceso ocurre de forma transparente para los usuarios, ya que en ningún momento se interrumpe el funcionamiento del metro contador, como primer paso se

envía la trama de identificación, por su parte el metro contador contesta enviando el código que lo identifica, que se encuentra grabado en la memoria EEPROM del equipo en cuestión.

En caso de no recibir información la aplicación vuelve a repetir el proceso de identificación hasta 5 veces, si en la última petición no recibe respuesta se muestra un mensaje de error en la pantalla. De recibirse el código de identificación del metro contador sin problema la aplicación busca en su base de datos el código recibido, entonces le envía al metro contador la trama de parámetros. El metro contador contesta enviando el paquete de información que contiene los valores estadísticos, la aplicación adiciona en la base de datos los valores recibidos, el código del metro contador y la fecha en que fueron guardadas las estadísticas. Durante todo este proceso se visualiza en pantalla una ventana de espera (Figura. No.27) y se finaliza con un mensaje.

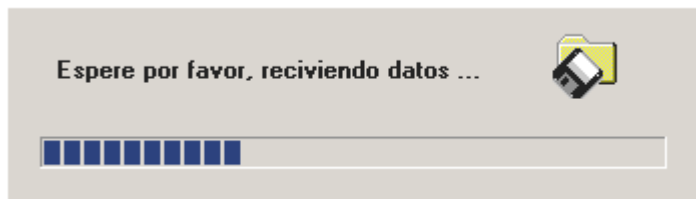


Figura. No.27: **Ventana de espera.**

Para visualizar el historial de un usuario, seleccione el nombre del usuario dentro de la lista de usuarios que aparecen en la pantalla principal, después de click sobre el botón historial y aparecerá una ventana de historial (ver Figura No.28.) en la que se muestra el código del metro contador, el nombre del usuario de dicho controlador, el consumo de energía del mismo, además organizada por fecha toda la estadística del metro contador. Dentro de los parámetros estadísticos que se registran están el consumo, los valores máximos y mínimos de voltaje, de corriente, de potencia, otros de interés del proveedor del servicio.

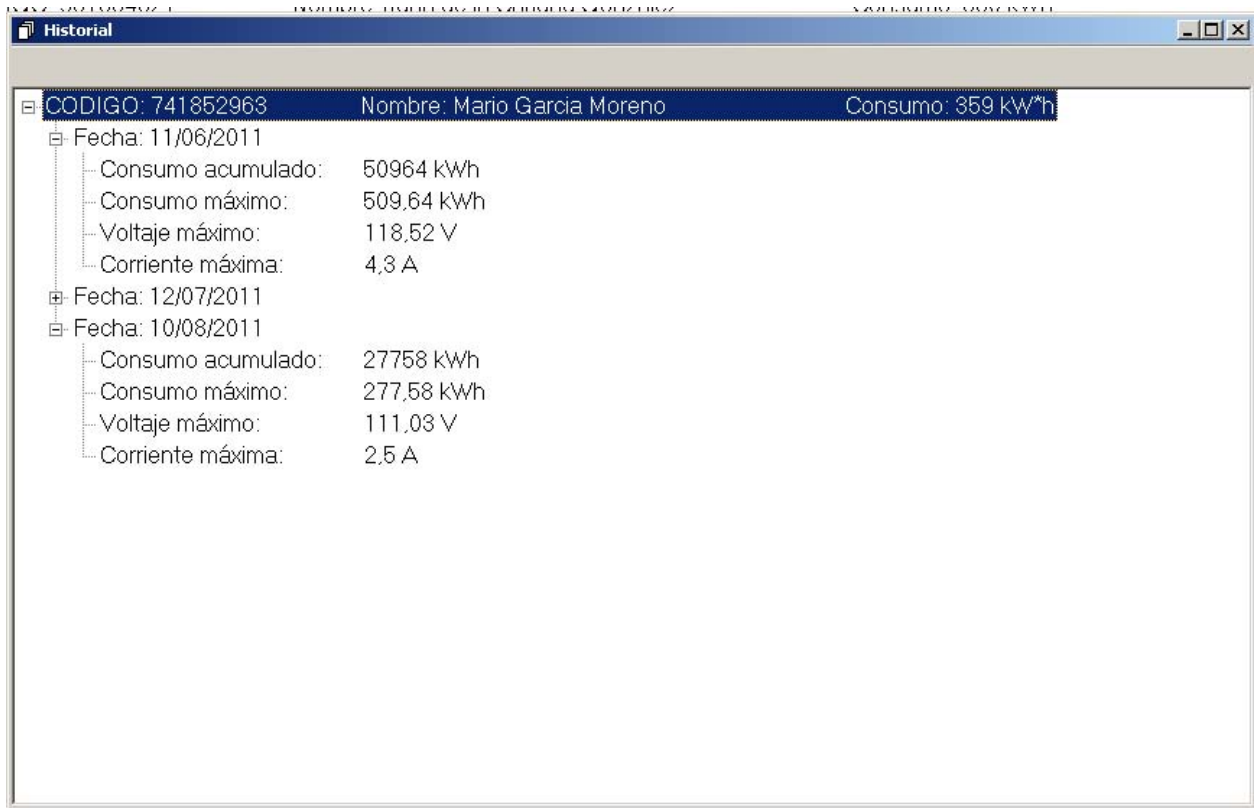


Figura. No.28: **Ventana de historial.**

Al hacer click sobre la opción eliminar usuario, aparece una ventana (Figura. No.29.), que selecciona el usuario que se desea eliminar de la base de datos del sistema, siempre recordando que todo el historial de ese usuario será eliminado también. Una vez seleccionado el usuario en cuestión se oprime el botón eliminar, se nos muestra un mensaje preguntando si realmente desea eliminar el usuario, en caso de aceptar pues se procede a eliminar todos los registros del usuario de la base de datos, una vez concluido el proceso de eliminación se muestra un mensaje en pantalla.

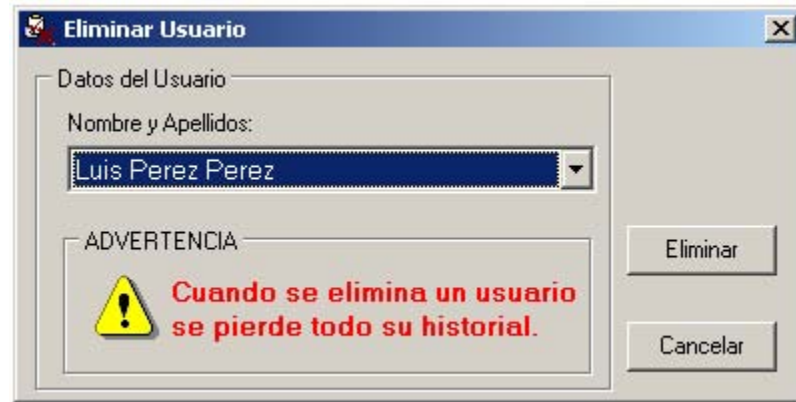


Figura. No29: **Ventana para eliminar usuarios.**

1.5.2. Subrutina de comunicación del programa ReaDER.

En la comunicación del lector con el metro contador se usan tres funciones fundamentales, como son configurar puerto, transmisión del parámetro que se quiere saber del metro contador y recepción del dato enviado por el metro contador.

Para la función configuración del puerto se definen parámetros como son el puerto a usarse si se tienen más de uno, la relación de baudios a usar en la transmisión, así como que la trama tiene bit de paridad y de stop, además es la función que activa o desactiva el puerto.

```
void __fastcall TForm1::ToolButton2Click(TObject *Sender)
{
    if(MSComm1->PortOpen)
    {
        MSComm1->PortOpen = false;
        flag_conect = 0;
    }

    //...Abro el puerto serie
    if(MSComm1->PortOpen == false)
    {
        MSComm1->CommPort = 1;
        MSComm1->Settings = "9600,N,8,1";
        MSComm1->InputLen = 0;
        MSComm1->PortOpen = true;
        StatusBar1->Panels->Items[1]->Text = " ESTABLECIENDO CONEXIÓN...";
        ancho = 8;
        Timer3->Enabled = true;
        flag_off = 0;
        flag_conect = 1;
    }
    else
    {
        flag_conect = 0;
        MessageBox(NULL, "El puerto esta ocupado.", "INFORMACIÓN", MB_OK | MB_ICONINFORMATION);
    }

    if(flag_conect == 1)
    {
        flag[0] = 's';
        flag[1] = 'n';
        Timer2->Enabled = true;
    }
}
```

La función transmisión del parámetro que se quiere saber del metro contador, es la encargada de que el equipo lector pueda enviar al metro contador el dato que se quiere conocer por el operador, de todos los que el metro contador posee en su memoria EEprom, dentro de todos los datos hay uno que siempre el programa va a pedir antes de cualquier otro dato de interés por el operador, que es el código del metro contador, para de esta forma organizar todos los demás datos en el cliente de ese metro contador dentro del historial.

Para generar esta trama se usa la instrucción MSComm1, que envía primero la cabecera de la trama donde hay un byte de inicio y otro de tipo de trama, envía el dato con 32 byte y uno de fin, en el caso de pedir el código del metro el dato va vacío, como se ve a continuación esta función mandando ha pedir el código.


```
//...Preguntar Código del metro
void __fastcall TForm1::AskCode()
{
    switch(paso)
    {
        case 0: MSComm1->Output = (AnsiString) flag[0];
                paso = 1;
                StatusBar1->Panels->Items[1]->Text = " TRANSFIRIENDO DATOS >>>";
                break;
        case 1: MSComm1->Output = (AnsiString) flag[1];
                paso = 2;
                break;
        case 2: MSComm1->Output = (AnsiString) endTx;
                //...limpio el arreglo de las banderas
                for(int i=0; i <= 1; i++)
                {
                    flag[i] = 0;
                }
                paso = 0;
                Timer2->Enabled = false;
                flag_off = 1;
                StatusBar1->Panels->Items[1]->Text = " DATOS RECIVIDOS CON EXITO <<<";
                break;
    }
}
```

La función recepción del dato enviado por el metro contador, es la encargada de recibir el dato que envía el metro contador, que se le había pedido con la función anterior, por lo que se recibe una trama similar con el dato enviado, además en la cabecera en el tipo de trama aparece que parámetro se envía en metro contador, por ejemplo en este caso pudiera ser el código del metro contador pero pudiera ser voltajes máximo y mínimo de la red u otros.

```
//...Recibo el codigo
void __fastcall TForm1::MSComm1Comm(TObject *Sender)
{
    if(MSComm1->CommEvent == 2)
    {
        recv = MSComm1->Input;
        strcpy(numero, recv.c_str());
        number = (StrToInt(numero[8]) + (StrToInt(numero[7])*10) + (StrToInt(numero[6])*100)
        FindCode();
    }
}
```

1.6. Conclusiones del capítulo.

Utilizando las herramientas de diseño y la metodología, a lo largo de este capítulo se han ido describiendo en diferentes epígrafes todos los pasos necesarios para el desarrollo del dispensador de energía, se debe aclarar que en la explicación del software solo se han comentado las líneas más relevantes.

En el diseño se han tenido en cuenta todos los requerimientos funcionales y técnicos que debe cumplir el metro contador de energía, según la tarea técnica.

2. Construcción y Evaluación del metro contador de energía.

En este capítulo se explican los pasos para la fabricación del prototipo del metro contador de energía monofásico y la interfase, las operaciones efectuadas para su construcción, de todas sus partes y las conexiones de éstas. También se describe el montaje, la instalación, la evaluación de su funcionamiento práctico, así como se presentan los resultados finales de evaluación.

2.1. Diseño del circuitos impresos del metro contador y la interfaz.

Para la construcción del sistema se diseñan los circuitos impresos de 2 tarjetas electrónicas, se utiliza el software ORCAD 16.0, se emplean las reglas de diseño internacional ya que estas se fabricaron en la republica popular china. El sistema consta de las siguientes tarjetas electrónicas, con las siguientes características:

1. Tarjeta electrónica del metro contador de energía eléctrica: doble capa, con metalizado y silkscreen, para componentes con dos tipo de tecnología de montaje, montaje superficial SMD y through hole para aquellos que no existen en este formato SMD, como es el caso de los componentes de la fuente de alimentación.
2. Tarjeta electrónica de la interfaz: simple capa y silkscreen solo para tecnología de montaje through hole.

A continuación se muestran imágenes de los diseños de los circuitos impresos de las tarjetas electrónicas fabricadas.

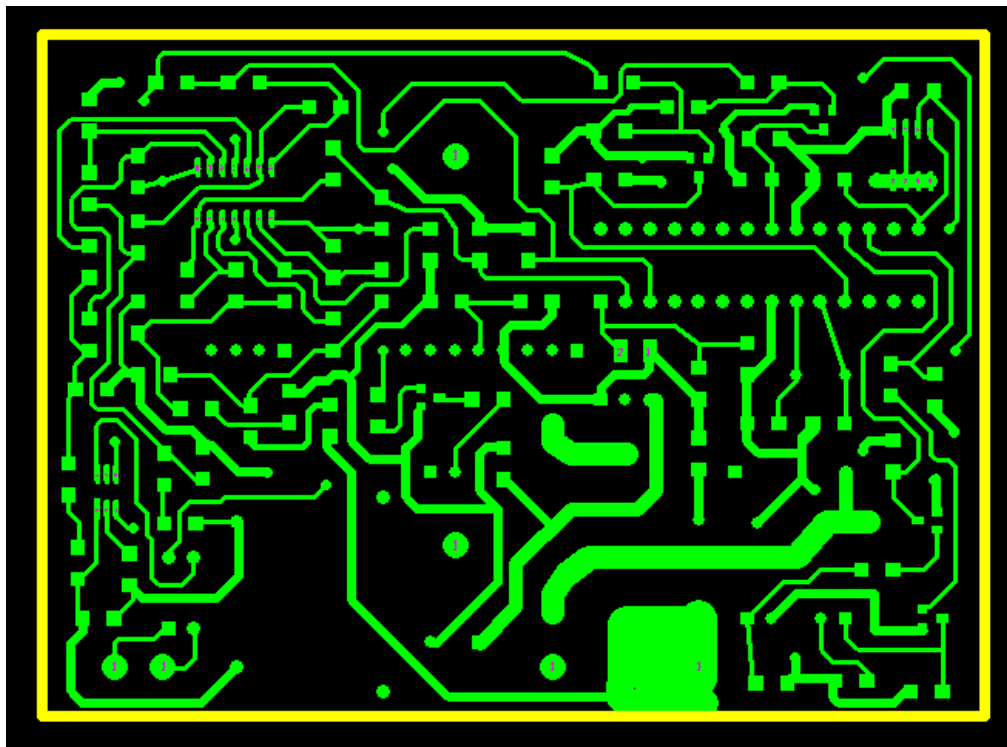


Figura No. 30: Tarjeta electrónica del metro contador, cara de componentes.

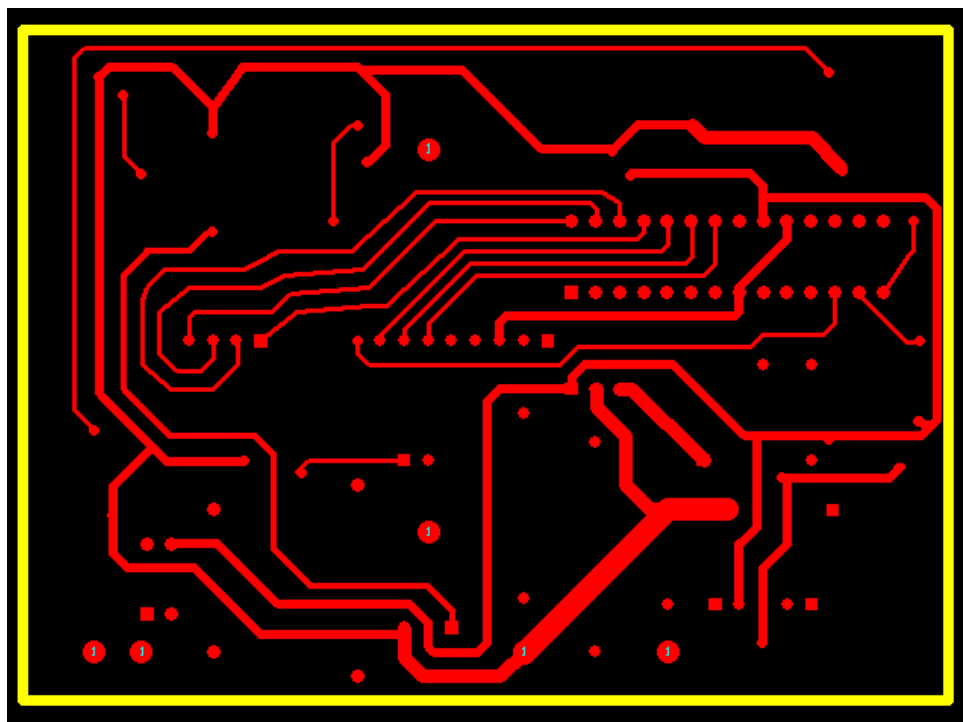


Figura No. 31: Tarjeta electrónica del metro contador, cara de soldadura.

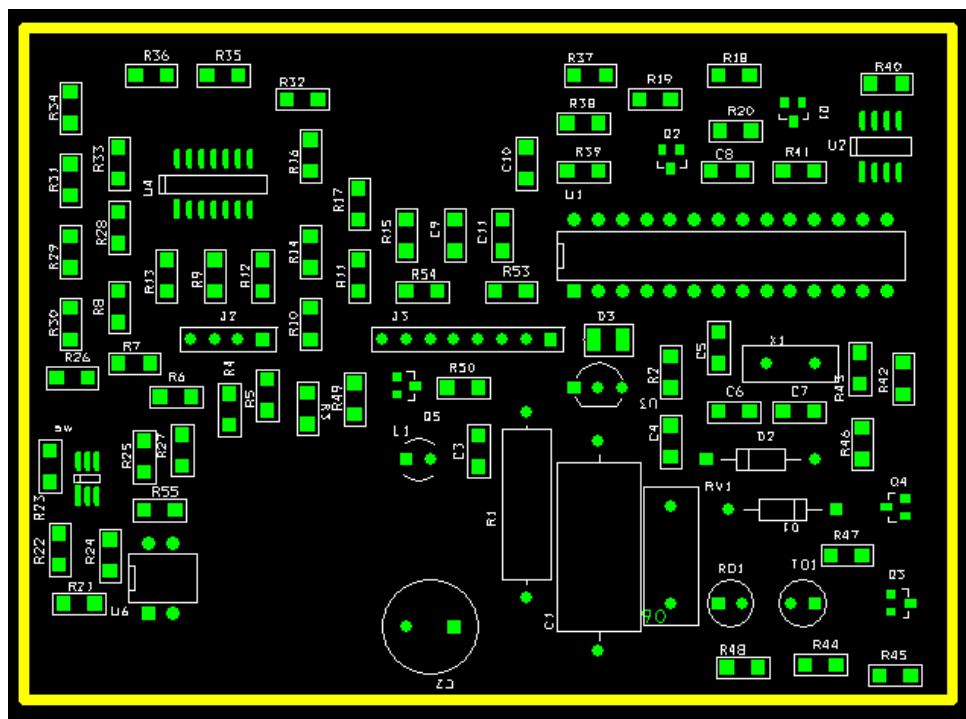


Figura No. 32: Tarjeta electrónica del metro contador, Silkscreen.

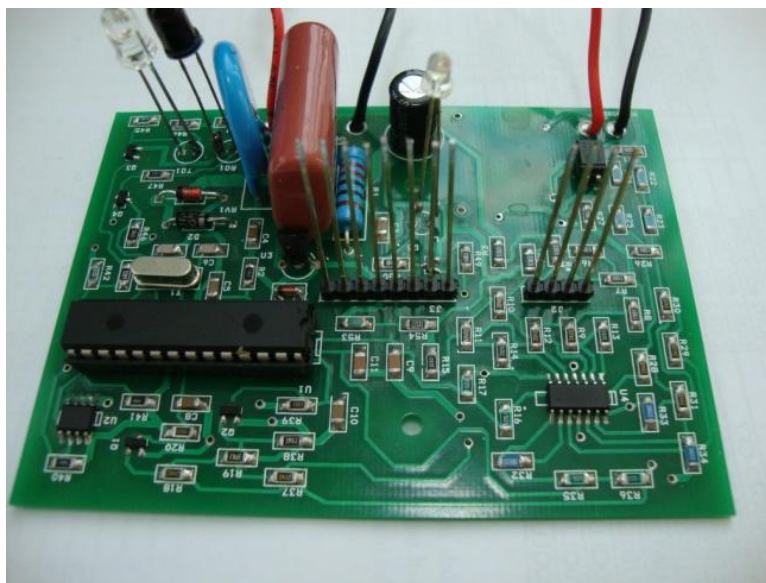


Figura No. 33: Tarjeta electrónica del metro contador montada.

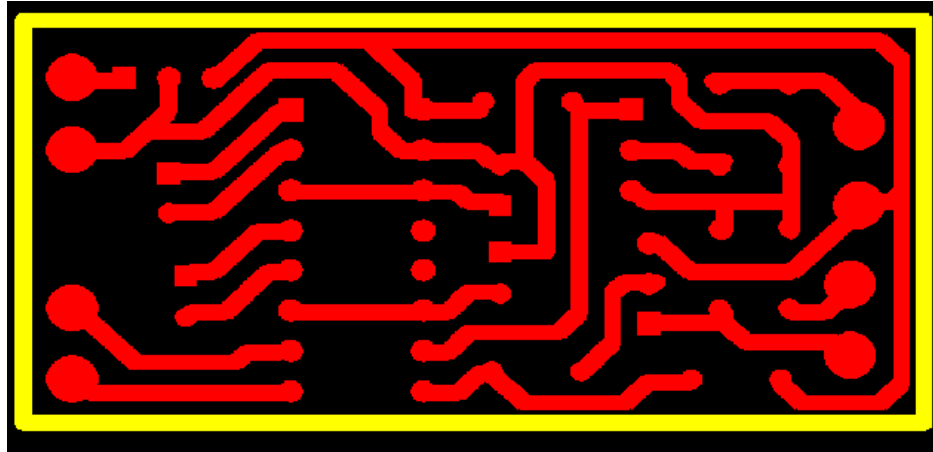


Figura No. 34: Tarjeta electrónica de la interfaz, cara de soldadura.

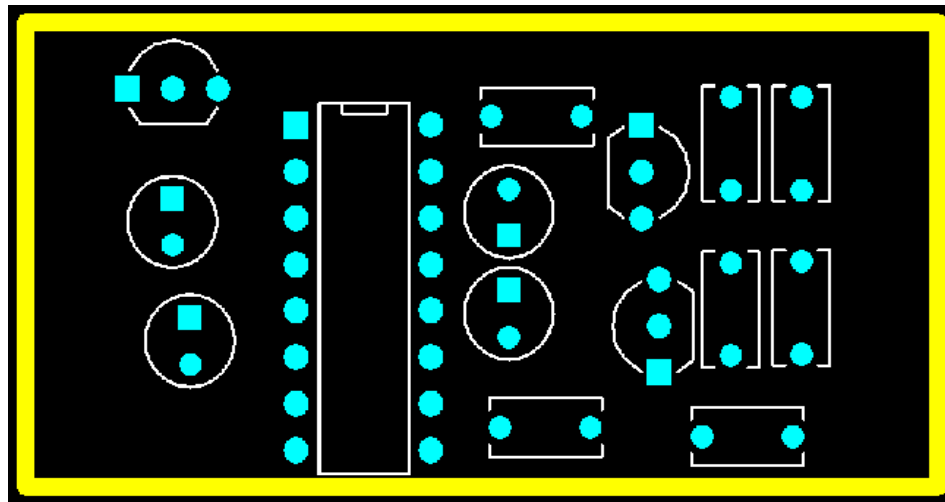


Figura No. 35: Tarjeta electrónica de la interfaz, Silkscreen.

2.2. Descripción de las Conexiones y datos al usuario.

Para la instalación del metro contador de energía a la red de alimentación y para la salida hacia la carga conectada, se usa una bornera de conexión con tornillos de métrica 5mm, para ello se deben usar cable de dimensiones superiores al cable 8 AWG, ya que la corriente de funcionamiento puede estar en el entorno a los 40A, hay que ver la posición de la conexión del vivo y neutro tanto en la entrada como en la

salida. Se debe tener en cuenta que los cables queden apretados fijamente con los tornillos, por posibles falsos contactos en la conexión, que provocan calentamiento y pérdidas de energía. Para hacer esta instalación hay que quitar la tapa que cubre la bornera, ya que la misma esta cubierta para proteger los tornillos de la corrupción y de poder acceder a ellos un personal no autorizado.

Para la calibración del instrumento se usa un lector óptico que lea los impulsos/KWh del metro contador o se conecta el instrumento a una salida positiva y negativa de impulso que posee en una bornera con tornillos métrica 3mm el metro contador. En la siguiente figura. No.36 se observa todos los puntos de conexión antes expuesto.

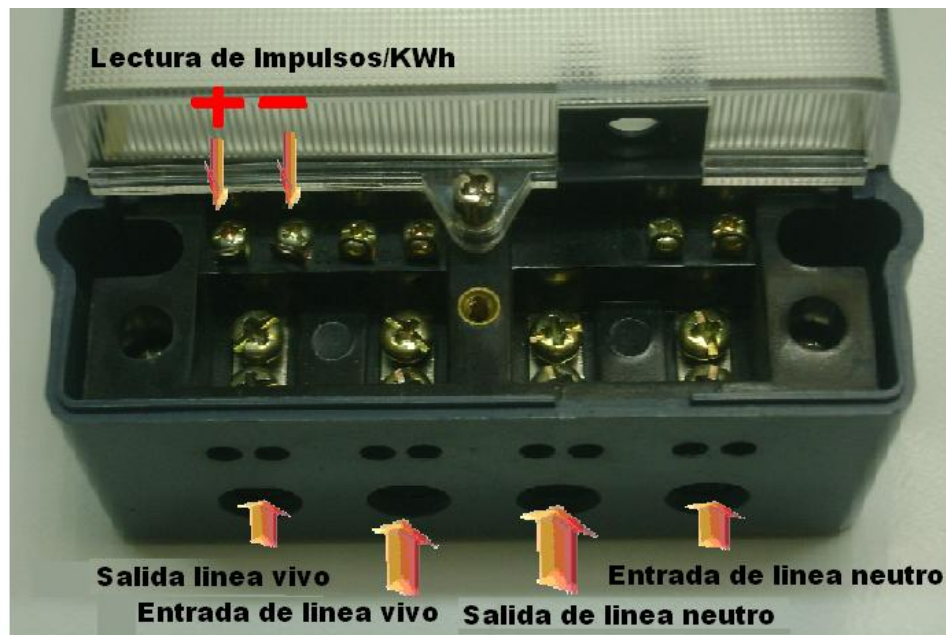


Figura. No. 36: Descripción de las conexiones.

Para el usuario realizar la comunicación entre el metro contador y el lector ya sea el PDA o la Laptop, debe tener instalado en el equipo el programa residente ReaDER, que se entrega la instalación del mismo en un CD al personal que realiza esta función junto al cable de comunicación, un extremo del cable debe conectarlo al conector DB9 que posee el lector a usarse y el otro extremo debe pegarlo por encima del cristal del metro contador a la arandela que está alrededor del transmisor y receptor óptico, siempre en la

posición superior que indica dicho cable en su extremo, de esta forma se garantiza que se vean frente a frente ambos elementos. En la siguiente figura. No.37, se observa el puerto óptico del metro contador.



Figura No. 37: **Puerto óptico del metro contador.**

2.3. Descripción del equipamiento para la evaluación.

En el proceso de fabricación de este equipo se usan varios instrumentos de medición estándar en el mercado como son voltímetros, amperímetros, osciloscopios, analizadores de red y otros, para la verificación de todas sus partes.

Lo más importante es lograr su validación a través de una mesa de pruebas desarrollada por la República Popular China, que está calibrada por el patrón nacional y existe una en cada provincia para certificar cualquier tipo de metro contador de energía. Este instrumento mide varios parámetros al metro, pero siempre basándose en la relación impulsos/KWh para determinar el % de error que posee el metro en la medición de energía que es lo que se le cobra a cada cliente, de la empresa que da el servicio energético en el país, en la siguiente figura. No.38, se observa la mesa de prueba.

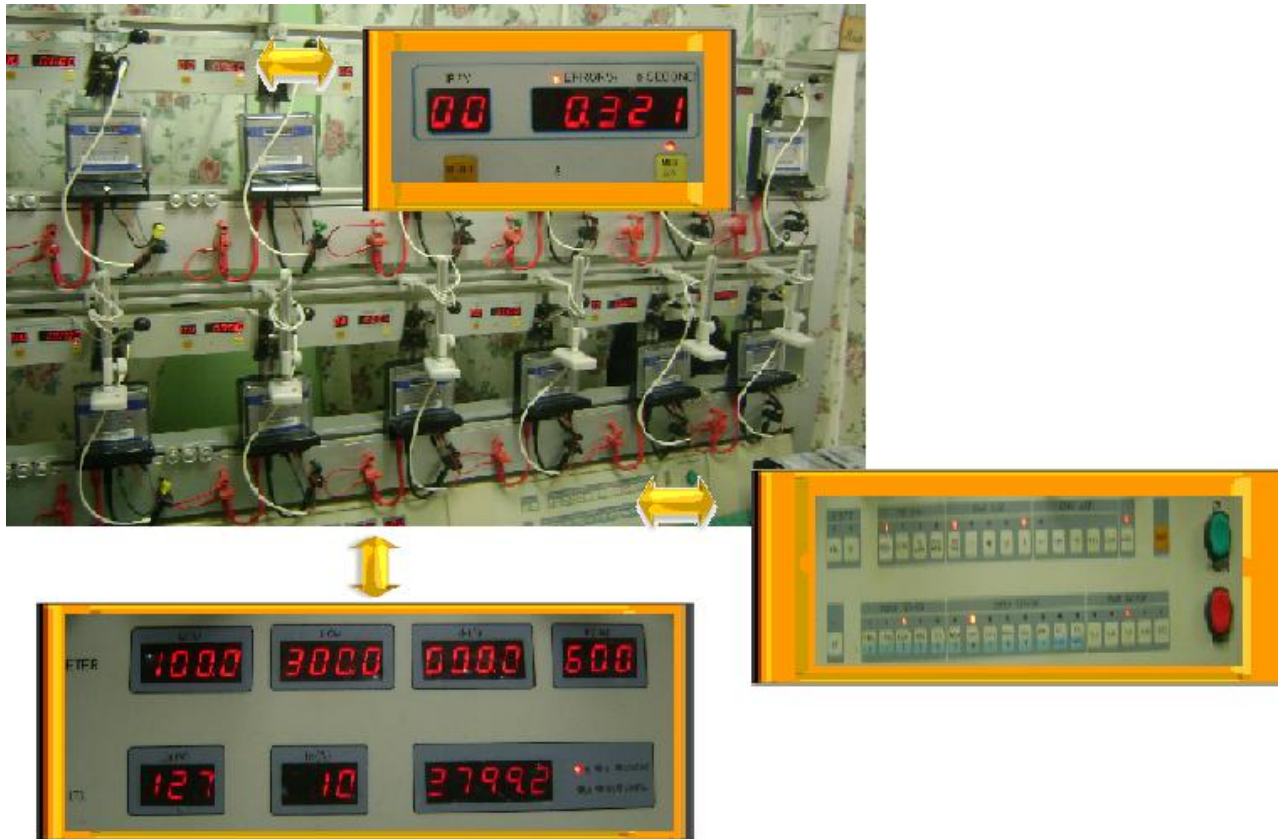


Figura No. 38: **Mesa de prueba para la certificación de los metro contadores.**

Como se observa en esta mesa se pueden medir 14 metros contadores a la vez, ella posee un teclado de 40 teclas donde se le programa los datos a verificar y las condiciones de trabajo que se someterá el metro contador, dígame voltaje, corriente, factor de potencia, los porcentajes de estos parámetros, la cantidad de impulsos a medir, la relación que da el fabricante de impulsos/KWh y otros. También posee 7 display conformados por varias lámparas 7 segmentos que visualizan los parámetros programados por el que realiza la evaluación del metro contador.

La mesa en el proceso de medición le aplica al metro contador los parámetros que se le fueron programados y mide los impulsos que genera en el tiempo, cuando lo compara con los que debe haber generado determina el error que posee el mismo. Para la captura de los impulsos posee un sensor óptico para cada metro o unos conectores tipo caimanes para conectarse a la salida de impulso.

Para dar los resultados posee 2 display con lámparas 7 segmentos para cada metro contador que se encuentra en el proceso de verificación, en uno se indica la cantidad de impulsos que realiza y en el otro el % de error que tiene. Este instrumento es de gran importancia, por la rapidez con la que puedes variar las condiciones de trabajo del metro sin tener que cambiar el equipamiento conectado al mismo.

2.4. Resultados de verificación y validación según normas cubanas e internacionales de este tipo de producto.

Para la verificación del metro se usa la norma cubana que es homóloga a la norma española UNE-EN 62053-21, editada en el año 2003. A continuación explicamos los parámetros que deben cumplir los metros contadores evaluados con esta norma y los resultados de este [8].

- Ensayo # 1: Potencia absorbidas.

Según norma el total de potencia absorbidas por el circuito de tensión, no debe exceder de los 2W y los 10VA, en el caso de la potencia absorbidas por el circuito de intensidad no debe exceder de los 4VA, para los metros de clase 1, el evaluado tiene un valor de consumo al vacío de 70uA, a su voltaje nominal de 127V, que representa un consumo de 8,9 mVA, por lo que cumple con este parámetro de los metros de clase 1.

- Ensayo # 2: Marcha al vacío.

Cuando se aplica una tensión, sin pasar corriente por el circuito de intensidad, el circuito de salida del contador no debe emitir más de un impulso, para este ensayo el circuito de intensidad debe estar abierto y se le debe aplicar una tensión de un 115% el valor nominal.

Esta prueba garantiza que el equipo no mida energía, sin tener carga conectada.

Para determinar el tiempo mínimo de duración de la prueba se calcula por la siguiente fórmula para los metros clase 1:

$$\Delta t \geq 600 \times 10^6$$

$$K * V_n * I_{max}$$

K: número de impulso/KWh, en este caso a evaluar 360 Impulso/KWh.

V_n: Voltaje nominal, en este caso 127V.

I_{max}: Intensidad máxima del instrumento, para este es de 40 A.

En el caso nuestro hay que esperar un tiempo superior a 328 minutos o sea 5 horas con 28 minutos, se esperan 6 horas y solo produce un impulso en el momento de conexión.

- Ensayo # 3: Arranque.

En esta prueba se determina el mínimo voltaje al cual el metro debe comenzar a medir. La condición para los metros de clase 1 es 0,004I_b y para los de clase 2 es 0,005I_b, donde I_b es la corriente de base, que en el caso nuestro es 10A, por lo que debe comenzar a medir con un valor inferior a los 40mA.

Se calcula por la relación de nuestro contador de impulso/kwh, que es de 360 que con una corriente de 40mA y un voltaje nominal de 127 V, debe tener una duración entre un pulso y otro de 32.8 minutos, se le aplica estos parámetros con la mesa de prueba de la empresa eléctrica al contador y marca el tiempo entre un pulso y otro, es de 32.1 minutos por lo que el metro cumple con este parámetro.

- Ensayo # 4: Precisión ante variaciones de voltajes.

En esta prueba se somete al metro controlador a variaciones de potencial alrededor de un 15% de su voltaje nominal, se mantiene la corriente nominal y el factor de potencia igual a 1, toda esta prueba se realiza en la mesa de prueba que mide el % de error de energía del metro contador con respecto a la que tiene aplicada. Si este es de clase 1 debe ser inferior al 1% de error y si es de clase 2 debe ser inferior al 2% de error. En nuestro caso se realiza esta prueba variando el voltaje desde 105V hasta 130V, con variaciones del orden de los 5v, en el caso de la intensidad se realiza con dos valores, el nominal y el 300% del nominal, el factor de potencia si se mantiene en 1 como dice la prueba. Los resultados se observan en la siguiente tabla .

Tabla No. 3: **Resultados del ensayo precisión ante variaciones de voltajes.**

NUMERO DE PRUEBAS	PARÁMETROS PROGRAMADO EN LA MESA DE PRUEBA			RESULTADOS MEDIDOS POR EL METRO			RESULTADO DEL ERROR EN LA MEDICIÓN DEL CONSUMO (%)
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	
1	105	10	1	105,4	9,96	1	0,261
2	110	10	1	110,7	9,98	1	-0,183
3	115	10	1	115,4	9,97	1	-0,372
4	120	10	1	120,3	9,99	1	0,255
5	125	10	1	125,9	9,97	1	-0,421
6	130	10	1	130,2	9,98	1	-0,643
7	105	30	1	105,3	29,99	1	0.173
8	110	30	1	110,7	29,97	1	-0,543
9	115	30	1	115,5	29,97	1	0,235
10	120	30	1	120,6	29,98	1	0,398
11	125	30	1	125,6	29,97	1	0,293
12	130	30	1	130,2	29,99	1	-0,439

Como resultado de este ensayo se pudo observar que el metro contador nunca supero el $\pm 1\%$ de error en la medición de energía, lo que lo incluye en los metro de clase 1.

- Ensayo # 5: Precisión ante variaciones de intensidades.

En este ensayo se somete al metro contador a variaciones de intensidades alrededor de hasta un 300% de su corriente nominal, se mantiene el voltaje nominal y el factor de potencia igual a 1, toda esta prueba se realiza en la mesa de prueba para conocer el % de error en la medición de energía del metro contador.

En nuestro caso se realiza esta prueba variando la intensidad desde 1A hasta 40A, con variaciones del orden de los 0,5A para los valores menores al nominal y 1A para los valores superiores al nominal. En el caso del voltaje se realiza con el nominal, el factor de potencia si se mantiene en 1 como dice la prueba. Los resultados se observan en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4: **Resultados del ensayo precisión ante variaciones de corrientes.**

NÚMERO DE PRUEBAS	PARÁMETROS PROGRAMADO EN LA MESA DE PRUEBA			RESULTADOS MEDIDOS POR EL METRO			RESULTADO DEL ERROR EN LA MEDICIÓN DEL CONSUMO (%)
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	
1	127	1,0	1	127,2	0,99	1	0,161
2	127	1,5	1	127,2	1,49	1	0,143
3	127	2,0	1	127,1	1,98	1	0,172
4	127	2,5	1	127,3	2,45	1	-0,255
5	127	3,0	1	127,2	2,96	1	-0,721
6	127	3,5	1	127,4	3,39	1	-0,843
7	127	4,0	1	127,1	3,96	1	-0,173
8	127	4,5	1	127,1	4,44	1	0,456
9	127	5,0	1	127,3	4,87	1	-0,235
10	127	5,5	1	127,2	5,48	1	0,498
11	127	6	1	127,4	5,93	1	0,093
12	127	6,5	1	127,3	6,46	1	0,034
13	127	7	1	127,3	6,91	1	-0,290
14	127	7,5	1	127,3	7,35	1	-0,801
15	127	8	1	127,1	7,91	1	-0,553
16	127	8,5	1	127,2	8,45	1	-0,599
17	127	9	1	127,1	8,98	1	-0,127
18	127	9.5	1	127,3	9,39	1	-0,682
19	127	10	1	127,4	9,87	1	-0,631
20	127	11	1	127,4	10,81	1	0,235
21	127	12	1	127,3	11,87	1	-0,555
22	127	13	1	127,2	12,91	1	-0,345
23	127	14	1	127,4	13,98	1	0,432
24	127	15	1	127,2	14,95	1	-0,180
25	127	16	1	127,1	15,87	1	-0,210
26	127	17	1	127,3	16,89	1	-0,431
27	127	18	1	127,3	17,93	1	0,013
28	127	19	1	127,2	18,97	1	0,145
29	127	20	1	127,4	19,99	1	0,432
30	127	21	1	127,0	20,89	1	-0,342
31	127	22	1	127,1	21,97	1	-0,167
32	127	23	1	127,2	22,99	1	0,324
33	127	24	1	127,2	23,89	1	-0,245
34	127	25	1	127,1	24,91	1	-0,237

Continuación.....

NÚMERO DE PRUEBAS	PARÁMETROS PROGRAMADO EN LA MESA DE PRUEBA			RESULTADOS MEDIDOS POR EL METRO			RESULTADO DEL ERROR EN LA MEDICIÓN DEL CONSUMO (%)
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	
35	127	26	1	127,1	25,98	1	-0,543
36	127	27	1	127,1	26,99	1	-0,123
37	127	28	1	127,0	28,19	1	0,834
38	127	29	1	127,0	28,98	1	0,456
39	127	30	1	127,0	29,97	1	0,145
40	127	31	1	127,1	31,21	1	0,564
41	127	32	1	127,2	31,99	1	0,432
42	127	33	1	127,2	32,97	1	-0,156
43	127	34	1	127,1	33,95	1	-0,467
44	127	35	1	127,3	34,98	1	-0,324
45	127	36	1	127,3	35,93	1	-0,455
46	127	37	1	127,0	36,91	1	-0,567
47	127	38	1	127,0	37,89	1	-0,599
48	127	39	1	127,1	38,85	1	-0,670
49	127	40	1	127,0	39,83	1	-0,820

Como resultado de este ensayo se puede observar que el metro contador nunca supera el $\pm 1\%$ de error en la medición de energía, por lo que se incluye en los metros de clase 1.

- Ensayo # 6: Precisión ante variaciones de factor de potencia.

En este ensayo se somete al metro controlador a variaciones de factor de potencia desde 1 asta 0,5 tanto inductivo como capacitivo, se mantiene el voltaje nominal y en el caso de la intensidad se realiza con dos valores, el nominal y el 300% del nominal. Esta prueba se realiza en la mesa de prueba para conocer el % de error en la medición de energía del metro contador. En nuestro caso se realiza esta prueba tal y como dice el ensayo. Los resultados se observan en la tabla. .

Tabla No. 5: **Resultados del ensayo precisión ante variaciones de factor de potencias con carga inductivas y capacitabas.**

NÚMERO DE PRUEBAS	PARÁMETROS PROGRAMADO EN LA MESA DE PRUEBA			RESULTADOS MEDIDOS POR EL METRO			RESULTADO DEL ERROR EN LA MEDICIÓN DEL CONSUMO (%)
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA	
1	127	10	1	127,4	9,87	1	-0,631
2	127	10	0,8 (IND)	127,7	9,86	0,8	-0,324
3	127	10	0,5 (IND)	127,4	9,89	0,5	-0,235
4	127	10	0,8 (CAP)	127,3	9,87	0,8	0,255
5	127	10	0,5 (CAP)	127,9	9,88	0,5	0,127
6	127	30	1	127,3	29,97	1	0,142
7	127	30	0,8 (IND)	127,7	29,99	0,8	-0,127
8	127	30	0,5 (IND)	127,5	29,97	0,5	0,342
9	127	30	0,8(CAP)	127,6	29,98	0,8	-0,562
10	127	30	0,5 (CAP)	127,6	29,96	0,5	0,432

Como resultado de este ensayo se puede observar que el metro contador nunca supera el $\pm 1\%$ de error en la medición de energía, por lo que se incluye en los instrumentos de medición de clase 1.

Después de estos ensayos se le realizan otras pruebas pero desde el orden de seguridad y calidad de la bornera y otras partes de importancia para los trabajadores de la empresa eléctrica.

Los compañeros del taller de metros contadores de la OBE Provincial de Pinar del Río emite un certificado de calibración del metro contador después de realizarle las mismas mediciones que ellos le realizan a todos los metros contadores que se encuentran montados en la provincia.

EE

TALLER DE METROS CONTADORES. OBE PROVINCIAL P. DEL RÍO.
CERTIFICADO DE CALIBRACION

No. 405 PAGINA 1/2

DENOMINACION DEL INSTRUMENTO 000

No. Serie: _____ Fabricante: CCB Modelo: MC0110

Rango: 127V 10-40A 10-21 Exactitud: _____

PERTENECIENTE A: Compañía Compufer Electros

DIRECCIÓN: Km 216 Pto. Blanco Parba

FECHA CALIBRACION 5/5/10

Se Certifica que el Instrumento se encuentra:

DENTRO DE LOS LIMITES ☒ FUERA DE LOS LIMITES ☐

REALIZADO POR José C. Duarte FIRMA [Firma]

APROBADO POR Eric Hoefel FIRMA [Firma]

FECHA DE EMISION 5/5/2010

E. ELECTRICA P. DEL RIO
LABORATORIO DE CEE
WEB SERV. CON.

DIRECCIÓN DEL LABORATORIO: Km 1 1/2 Carretera a Coloma P. del Río

Teléfono: 753345

PAGINA 2/2

MÉTODOS DE CALIBRACION Y DOCUMENTOS EMPLEADOS _____

PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS 312462-6 (E31013)

CONDICIONES AMBIENTALES DE REFERENCIAS

Temperatura: $23 \pm 2^\circ\text{C}$ Humedad Relativa: $60 \pm 20\%$

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACION

Temperatura: 21.0 °C Humedad relativa: 62.0 %

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA _____ con factor de Cobertura $k=2$

INCERTIDUMBRE ASOCIADA _____

OBSERVACIONES 21.0-20.9 21.1h. 0.006

Bobina	115 V	_____ V
10-40 A	Incetidumbre	Incetidumbre
Prueba	Fp = 1 Fp = 0.5	Fp = 1 Fp = 0.5
25 A		
7 A		

Los patrones utilizados son trazables a los del Servicio Nacional de Metrología, los cuales mantienen unidades de medida de acuerdo al SI., Mediante la intercomparación o calibración periódicamente con patrones nacionales o internacionales en otros países.

ATENCIÓN: Queda prohibida la reproducción de este documento.

Figura No.39: Certificado de Calibración del metro contador de energía.

2.5. Conclusiones del capítulo.

Como se pudo constatar en este capítulo, se comprobaron todos los parámetros establecidos en la tarea técnica, cumpliendo exitosamente con todos los requisitos funcionales tanto del hardware como del software, logrando alcanzar el certificado de validación del producto.

3. Valoración Técnico – Económica del metro contador de energía.

En este capítulo se explican las consideraciones tecnológicas y económicas que se tienen en cuenta para la fabricación del prototipo del metro contador de energía monofásico y la posible producción de serie cero.

3.1.Consideraciones tecnológicas para la aplicación práctica.

Para la aplicación práctica de este resultado, se realizan las siguientes acciones:

1. Elaboración de una carta tecnológica preliminar para la fabricación de una serie cero de decenas de unidades del metro contador de energía en condiciones industriales.
2. Confección de una carta de verificación funcional del metro contador de energía eléctrica para la evaluación del mismo mediante pruebas y ensayos en la línea de producción.
4. Producción del manual de operación y del manual de explotación del metro contador de energía, para que sea fácil su instalación, uso y la reparación.
5. Elaboración de tablas para los pedidos de las partes y piezas a los suministradores.
6. Estudio del costo de cada componente del metro contador de energía, con prestaciones similares en el mercado internacional, con el objetivo de brindar alternativas para reducir el costo material del contador en un 15% en nuestras condiciones tecnológicas.

3.2. Planificación de las Tareas de Investigación.

Para establecer el costo durante la etapa de desarrollo, se tiene en cuenta el cronograma de actividades planificadas, las cuales describen las tareas básicas que implican la realización del proyecto. Las actividades que se desarrollan comienzan en la empresa de

componentes electrónicos “Ernesto Che Guevara” donde se desarrolla el diseño, en el centro de diseño del Grupo de la Electrónica y la firma NORSTAR, radicado en Beijing en la República Popular China se desarrollaron los prototipos y en el taller de metros contadores de la OBE Provincial P. del Río se evalúa el producto.

TABLA No.5: Actividades planificadas para la realización del proyecto.

Etapas del Proyecto	Tiempo	Recursos
<u>Factibilidad</u> <ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda bibliográfica. • Estudio y análisis de la bibliografía • Diseño del proyecto. Análisis de la factibilidad técnico-económica. 	2 meses	Tiempo de Máquina.
<u>Diseño Preliminar</u> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las soluciones de Hardware y Software para la comunicación por puerto serie con la PC. • Obtención de resultados a nivel de maqueta. Simulación de microprogramas • Puesta a punto de programa utilizando las herramientas de diseño: MPLAB 7.5, ORCAD 16.0 	4 meses	Tiempo de Máquina. Herramientas de diseño.
<u>Fabricación del Prototipo</u> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción del metro contador de energía • Verificación del funcionamiento. 	1 mes	Herramientas , Equipo de medición
<u>Validación del Funcionamiento.</u>	1 mes	Mesa de validación para el metro contador.

3.3. Gastos de investigación.

Para llevar a cabo el cálculo de los gastos en la etapa de investigación, se tiene en cuenta gastos en moneda nacional como son el tiempo que se dedica a la ejecución del proyecto, el tiempo de trabajo en la PC, el período de elaboración del prototipo ya que aunque se realiza en la República Popular China, el salario es en moneda nacional.

La siguiente Tabla No. 7 muestra el tiempo y el salario devengado en la elaboración del proyecto

TABLA No.7: **Gastos directos por concepto de salario durante la investigación**

Actividades	Horas empleadas	Gastos actividades en CUP
Revisión bibliográfica	100	300.00
Estudio de la información.	160	420.00
Consulta con expertos	40	120.00
Factibilidad del proyecto.	100	300.00
Diseño Preliminar.	600	1800.00
Construcción y Evaluación del Prototipo.	300	900.00
		Total: 3840.00

Para realizar el prototipo en la República Popular China se incurren en gastos de proyecto en USD, solo se tienen en cuenta el mes que se trabaja en este proyecto, que se pagan con la compra de productos a la parte china, como son:

- Hospedaje durante la elaboración del prototipo de 746.26 USD
- Gasto de agua ese mes de 29.85 USD
- Gasto de electricidad de 50.00 USD
- Gastos de gas para cocinar 35.53 USD
- Gastos por Internet 59.70 USD
- Gastos de transporte 20.00 USD
- Gasto de dieta 500.00 USD

El total de gastos por conceptos de investigación en moneda nacional fue de 3840.00 CUP y 1441.34USD.

3.4. Gastos de fabricación de prototipo.

En el cálculo del costo de la fabricación del prototipo, se tienen en cuenta:

- El costo de los materiales empleados en la fabricación del prototipo, que es de 16. 26 USD y se describen en la siguiente tabla No.8.

TABLA No.8: Costo de las partes y piezas que posee al metro contador.

DESCRIPCION	UM	CONSUMO	MONTAJE	PRECIO
MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES PRINCIPALES				
Resistencia metálica 2W 1% 220 OHM	U	1	TRU HOLD	0.05
Resistencia metálica 1/4 W 1% 10K	U	5	SMD	0.005
Resistencia metálica 1/4 W 1% 510K	U	4	SMD	0.004
Resistencia metálica 1/4 W 1% 1K5	U	4	SMD	0.004
Resistencia metálica 1/4 W 1% 24K	U	10	SMD	0.01
Resistencia metálica 1/4 W 1% 670K	U	3	SMD	0.003
Resistencia metálica 1/4 W 1% 150K	U	4	SMD	0.004
Resistencia metálica 1/4 W 1% 40K	U	2	SMD	0.002
Resistencia metálica 1/4 W 1% 1K	U	2	SMD	0.002
Resistencia metálica 1/4 W 1% 80 OHM	U	1	SMD	0.001
Resistencia metálica 1/4 W 1% 1K70	U	4	SMD	0.004
Resistencia metálica 1/4 W 1% 360K	U	3	SMD	0.003
Resistencia metálica 1/4 W 1% 100K	U	2	SMD	0.002
Resistencia metálica 1/4 W 1% 6K8	U	3	SMD	0.003
Resistencia metálica 1/4 W 1% 220 OHM	U	2	SMD	0.002
Resistencia metálica 1/4 W 1% 470 OHM	U	2	SMD	0.002
Resistencia metálica 1/4 W 1% 620 OHM	U	1	SMD	0.001
Resistencia metálica 1/4 W 1% 5K6	U	1	SMD	0.001
Transistor BC 337	U	5	SMD	0.05
Transistor BC 327	U	1	SMD	0.05
Diodo 1N4742	U	1	TRU HOLD	0.08
Diodo 1N4007	U	1	TRU HOLD	0.07
Diodo 1N4148	U	1	SMD	0.03
Varistor S20K420	U	1	TRU HOLD	0.09

Continuación.....

DESCRIPCION	UM	CONSUMO	MONTAJE	PRECIO
MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES PRINCIPALES				
Condensador 2,2 uF/400V	U	1	TRU HOLD	0.15
Condensador Polarizado 470 uF/16V	U	1	TRU HOLD	0.02
Condensador 0,1 uF/16V	U	5	SMD	0.05
Condensador 22 pF/16V	U	2	SMD	0.02
Condensador 10 nF/16V	U	2	SMD	0.02
Cristal de Cuarzo de 20MHz	U	1	TRU HOLD	0.1
CI PIC 16F876	U	1	TRU HOLD	3.78
Memoria 24C04	U	1	SMD	0.4
CI LM7805C TO220	U	1	TRU HOLD	0.15
CI TLC2274	U	1	SMD	0.19
Trasmisor Optico 5mm	U	1	TRU HOLD	0.08
Resector Optico 5mm OP505A	U	1	TRU HOLD	0.09
Diodo Led 5mm	U	1	TRU HOLD	0.05
Conector 4 pines macho	U	1	TRU HOLD	0.1
Conector 8 pines macho	U	1	TRU HOLD	0.15
Display LCD CMC216L04	U	1	TRU HOLD	4.18
Transformador de corriente	U	1		0.8
Caja plástica	U	1		3.1
Bornera de 4 posiciones	U	1		0.8
Spray Tch spray Fine-L-kate SR Enduit Conformante de silicona	U	0.005		0.02
Hilo de estaño plomo 60/40 de 1 mm	Kg	0.01		0.15
Placa de Circuito Impreso doble cara metalizado	U	1		1.2
Etiqueta	U	1		0.02
Caja de embase	U	1		0.1
Caja de Embalaje	U	1		0.05
Cinta Adhesiva	Rollo	0.004		0.01
Alcohol	Lts	0.004		0.005
Bolsa de nylon con cierre 20x30 cm	U	0.02		0.007
TOTAL				16.26

- El costo de elaboración (salario por mano de obra por montaje de PCB) es de 1.8 USD.
- Las herramientas usadas se le da una devaluación del valor a 4.3 USD.

3.5. Conclusiones del capítulo

El costo total del prototipo es de: 22.36 USD, inferior a metros con similares prestaciones en el mercado, aunque no significa que el producto tenga este costo pues cuando se haga mayores cantidades este valor disminuye considerablemente.

Conclusiones.

Después de haber realizado una intensa búsqueda bibliográfica y teniendo en cuenta los resultados obtenidos a lo largo del trabajo, hemos podido examinar una serie de decisiones de diseño e implementación de un metro contador de energía. A continuación expondremos cuáles son los principales logros alcanzados:

- Se aplican modernas herramientas de diseño para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores de la familia PIC, lo que garantiza que las soluciones desarrolladas sean: actualizadas, con elevado rigor científico, fiable, eficiente y eficaz.
- Se obtiene con resultados satisfactorios el diseño, la fabricación, la verificación y la validación del metro contador de energía a nivel de prototipo.
- Se desarrolla, aplica y evalúa satisfactoriamente un protocolo de comunicación propio entre la interfaz electrónica del metro contador de energía y el lector para garantizar la recepción y la transmisión de paquetes de datos en ambas direcciones.
- Se desarrolla y ejecuta con éxito, un programa residente en el lector, denominado ReaDER elaborado con el software especializado Borland C++ Builder, con el objetivo de monitorear, programar y visualizar los parámetros tecnológicos de la red y almacenar un historial por cada usuario del sistema.
- Se realiza el cálculo económico del costo de los recursos empleados durante la ejecución de este proyecto de investigación, incluyendo la elaboración del prototipo desarrollado.
- Se cumplen todos los objetivos trazados.

Recomendaciones.

Teniendo en cuenta que este proyecto de investigación constituye una herramienta de gran utilidad para los metros contadores, se recomienda:

1. Que se aplique de forma inmediata las soluciones técnicas obtenidas con la fabricación de una serie cero de metros contadores de energía.
2. Se recomienda en el caso de la comunicación incorporarle al metro contador de energía, además de la ya existente la opción de comunicación por vía inalámbrica RF y utilizar el puerto USB, para ganar en velocidad de transferencia.

Bibliografía.

- Angulo Martínez J., Angulo Usategui J. Ma., y Martín Cuenca E. Aplicaciones de los Microcontroladores PIC de Microchip Editorial McGraw Hill, 1998.
- Campos Cerda Manuel Fernando, Castañeda Pérez Ramiro, Contreras Torres Arturo Cesar. Implementación de un Sistema de Desarrollo Utilizando Microcontroladores PIC, Microchip Technology. Universidad de Guadalajara. 1998.
- Compresión y comunicación de Datos con un microcontrolador PIC. [pdf].
- Documentación Técnica de los proyectos con PIC. UCT LACETEL 2008.
- Fiore James M. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. Edición Paraninfo. S.A, 2005, ISBN: 899-732-099-9.
- Gómez Ponce Marco Antonio, Mateos Maestro Jorge Alfredo, Medina Alatorre José Luís. Programación y Aplicaciones de los Microcontroladores PIC. Microchip Technology. Universidad de Guadalajara. 1998.
- Introducción a los microcontroladores. [pdf]
- Manual del Software Proteus ISIS.2007.
- Manual del PSPICE, Diseño de circuitos impresos. 2005.
- PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet 28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology [pdf].
- PICDEM™ FS USB DEMONSTRATION BOARD USER'S GUIDE, 2004 Microchip Technology Inc [pdf].
- PICDEM™ PLUS 1. DEMONSTRATION BOARD USER'S GUIDE, 2006 Microchip Technology Inc [pdf].
- PIC'School: Módulo PIC18FXXXX . Marzo 2007. [pdf].
- www.dgtprojects.com
- www.MicroPIC.Enero2005.html

Referencias bibliográficas.

1. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño CCS. Software Ensamblador de lenguaje C al lenguaje nemotécnico del PIC familia 16XX. CD Rom Microchip. 2002.
2. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño MPLAB. Software de Simulación y Debug del programa para aplicaciones con PIC. CD Rom Microchip 2002.
3. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño ICEPIC. Software de Emulación de aplicaciones con PIC. CD Rom Microchip. 2003.
4. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño PICSTAR. Software de Programación del circuito integrado PIC.
5. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño Curso Interno de Programación en lenguaje C para desarrollar aplicaciones con PIC. UCT LACETEL. 2004.
6. Metodología de diseño de aplicaciones con PIC. UCT LACETEL 2008.
7. Manuel Rodríguez Padrón .PROYECTO PIC 18F452 DUPLEX RF. [pdf].
8. UNE-EN62053-21 Norma Española, Noviembre, 2003, [pdf].
9. D.W. Hart. Electrónica de Potencia. Prentice Hall, 2001, ISBN: 84-205-3179-0.
10. www.microchip.com.
11. www.datasheet.com
12. www.farnell.com
13. Grebene, Alan B. "Analog Integrated Circuit Design". 1994.
14. Juan J. Gonzales de la Rosa, Antonio Moreno Muñoz. Circuitos Electrónicos Aplicados con Amplificadores Operacionales. Edición Universidad de Caliz, ISBN: 978-847-786-488-2.
15. Milman J" Microelectronics 1993"